# BOTANIKA

PROF. DR DEZYDERY SZYMKIEWICZ

# BOTANIKA



WARSZAWA 1949
PAŃSTWOWY INSTYTUT WYDAWNICTW ROLNICZYCH

PIWR. Zam. nr 139. Nakład 4 750+500
Pap. druk. sat. kl. 5, 80 g, form. B-5. VII. 49

E-4816040

ROBOTNICZA SPÓŁDZIELNIA WYDAWNICZA »P R A S A« W GRUDZIĄDZU

## *OD WYDAWNICTWA*

*Zmarły przed rokiem prof. Dezydery Szymkiewicz był jednym z największych naszych botaników.*

*Liczne Jego prace naukowe odnosiły się przede wszystkim do ekologii roślin, a więc do nauki o czynnikach siedliska i przystosowania roślin.*

*Syntezą naszej wiedzy w tej dziedzinie był wydany przez prof. Szymkiewicza przed wojną obszerny podręcznik pt. „Ekologia roślin". Dziedzinie tej poświęcił prof. Szymkiewicz i powojenne lata jako profesor Ekologii Leśnej na Wydziale Rolniczo-Leśnym Uniwersytetu Jagiellońskiego i pierwszy dyrektor Instytutu Badawczego Leśnictwa.*

*Prof. Szymkiewicz w licznych artykułach i jako redaktor „Wszechświata" zajmował się popularyzacją nauki. Przed wojną wydał również podręcznik Botaniki dla szkół wyższych. Niniejszy podręcznik napisany był w czasie okupacji. Niektóre działy wymagały jednak uzupełnień i zmian, szczególnie jeśli chodzi o fizjologię roślin, uzupełniono podręcznik nowo napisanym przez prof. A. Listowskiego rozdziałem pt. „Zmienność, ewolucja i dziedziczność", uwzględniając w nim najnowsze poglądy w tej dziedzinie.*

*Prof. Szymkiewicz nie był typem uczonego izolowanego od świata. Podnosił zawsze społeczne funkcje nauki i społeczne obowiązki uczonego.*

*Jako młody człowiek był socjalistą i redaktorem socjalistycznej gazety i mimo, że potem wycofał się z aktywnej pracy politycznej, pozostał zawsze radykałem.*

*Wziął udział w proteście uczonych przeciwko Brześciowi i Berezie.*

*Wspólnie z Wandą Wasilewską i grupą „Sygnałów" organizował lwowski zjazd Ligi Obrony Praw Człowieka i Obywatela.*

*Był zawsze po stronie tych, którzy walczą o nowy ustrój wolny od wyzysku człowieka przez człowieka.*

# WSTĘP

B o t a n i k a, stanowiąca przedmiot tej książki, jest nauką o roślinach, żywych stworzeniach, odznaczających się na ogół nieruchomością i zielonym zabarwieniem, powodowanym przez szczególny barwik zwany c h l o r o f i l e m. Stanowią one pewnego rodzaju przeciwieństwo do innego rodzaju żywych stworzeń — zwierząt — które są ruchliwe i nie mają chlorofilu. B a r w i k ten odgrywa w życiu roślin bardzo ważną rolę, umożliwiając im samodzielne odżywianie bez pomocy innych żywych stworzeń. Odżywianie zwierząt natomiast odbywa się bezpośrednio albo pośrednio kosztem roślin. Jedne i drugie mają jednak dużo cech wspólnych, między innymi rosną i rozmnażają się. Wyraźnej granicy między nimi zresztą nie ma — istnieją formy przejściowe, jak np. wiciowce, które poruszają się w wodzie, a jednocześnie posiadają chlorofil. Niejedna zaś typowa roślina nie ma chlorofilu, jak to się widzi np. u grzybów.

Botanika dzieli się na trzy główne działy: m o r f o l o g i ę, f i z j o l o g i ę i g e o g r a f i ę r o ś l i n.

Morfologia bada kształty i budowę roślin w ich ogólnych i szczegółowych przejawach. Dzieli się ona na m o r f o l o g i ę z e w n ę t r z n ą, zwaną inaczej po prostu morfologią, która zajmuje się kształtem roślin, m o r f o l o g i ę w e w n ę t r z n ą czyli a n a t o m i ę, która rozpatruje budowę roślin i s y s t e m a t y k ę, która opisuje i klasyfikuje poszczególne formy roślin. Osobnym działem morfologii jest p a l e o n t o l o g i a r o ś l i n, która bada, na podstawie resztek kopalnych, rośliny dawnych epok geologicznych. Dalej f i z j o l o g i a zajmuje się życiem roślin w ogóle, a specjalny jej dział e k o l o g i a — życiem ich w naturalnych warunkach. Wreszcie geografia roślin poświęcona jest badaniu rozmieszczenia ich na powierzchni ziemi i w wodach.

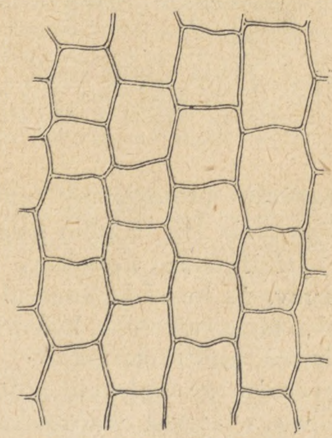
CZĘŚĆ PIERWSZA

# MORFOLOGIA OGÓLNA

ROZDZIAŁ I

## BUDOWA KOMÓRKOWA ROŚLIN

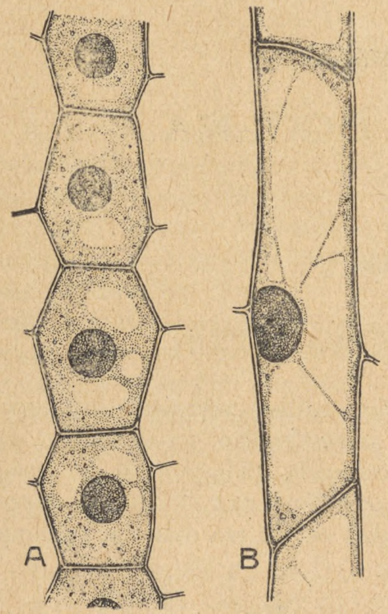
1. KOMÓRKA. Jeżeli z jakiejkolwiek rośliny wytniemy cieniutki skrawek i będziemy oglądali go pod mikroskopem, przekonamy się z łatwością, że roślina składa się z drobnych, połączonych ze sobą cząstek. Pierwsze takie obserwacje poczynił R o b e r t H o o k e jeszcze w wieku XVII oglądając korek. Stwierdził on, że ten materiał roślinny jest podzielony na drobne komory wypełnione powietrzem (ryc. 1). Stąd wywodzi się nazwa k o m ó r e k, nadana wspomnianym najprostszym składnikom rośliny. Składniki te są na ogół bardzo drobne: wymiary ich wynoszą zaledwie kilka setnych *mm*. Rzadziej spotyka się komórki duże, np. włókna lnu, które są silnie wydłużone, od 5 do 6 *mm* długości, przy średnicy 12—30 $\mu$ ($\mu$ jest to tysiączna część *mm*).



Ryc. 1. Korek w przekroju. Oryginalna rycina T. S z y n a l a.

Żywych komórek w korku właściwie nie ma: widzi się w nim tylko przegrody, gdyż żywa zawartość komórek zamarła i zastąpiona została przez powietrze. Dla należytego zapoznania się z komórką trzeba wziąć żywą część rośliny. Najlepiej jest rozpocząć od cebuli, u której komórki są stosunkowo duże i przeto dobrze widoczne. Bierzemy młodą cebulę, tzw. dymkę i zdzieramy kawałek skórki z wewnętrznej strony jej łuski, co daje się wyko-

nać z łatwością. W skórce tej, komórki są ułożone w jedną warstwę i przeto nie zasłaniają jedna drugiej, co bardzo ułatwia oglądanie. Zobaczymy przede wszystkim przegrody, oddzielające komórki od siebie — są to błony komórkowe (ryc. 2 *A*). Wewnątrz przestrzeni, ograniczonych przez błony, mieszczą się właściwe komórki. Mają one złożoną budowę. Łatwo jest w nich zauważyć jądro, okrągłe ciałko silnie łamiące światło, położone przy błonie albo pośrodku. Trudno jest dojrzeć inne składniki, które słabiej załamują światło. Najlepiej jest włożyć skórkę do roztworu czerwieni obojętnej, jednego z tzw. barwików przyżyciowych, które, dostatecznie rozcieńczone, przenikają do komórek nie szkodząc im. Nawiasem mówiąc, barwiki przeważnie działają zabójczo na żywą materię. Czerwień obojętna zabarwi po pewnym czasie na różowo sok komórkowy, wodnistą ciecz, która tworzy w komórce kilka skupień, zwanych wodniczkami. Naokoło wodniczków mieści się bezbarwna masa, zwana protoplazmą. Przylega ona naokoło do błony komórkowej i otacza zawsze, bodaj cienką warstwą, jądro. Uważna obserwacja wykazuje, że ziarenka protoplazmy są w ciągłym ruchu, co świadczy o jej żywotności. Czasem widzi się nawet większe cząsteczki protoplazmy poruszające się tak, jak gdyby się przelewały. Widocznie jest to ciało galaretowate



Ryc. 2. Skórka z łusek cebuli (*Allium Cepa*). *A* z młodych roślin, *B* ze starych. Oryginalny rysunek T. Szynala

Jeżeli teraz weźmiemy skórkę ze starej cebuli (ryc. 2*B*), stwierdzimy, że komórki znacznie urosły. Budowa ich pozostała zasadniczo taka sama, ale soku komórkowego przybyło dużo, podczas gdy protoplazma urosła nieznacznie. Sok przeto zajął większą część przestrzeni spychając protoplazmę z jądrem w kierunku błony, gdzie tworzy ona ledwo widoczną warstewkę. Tylko na krańcach komórki widzi się większe skupienia protoplazmy.

Porównanie młodych i starych skórek cebuli jest bardzo pouczające. Młode komórki zawierają zawsze mało soku komórkowego, nawet nieraz znacznie mniej, niż to widzieliśmy u cebuli. W miarę wzrostu komórki błona rozrasta się bardzo prędko, coraz więcej przybywa soku komórkowego, a plazma wyściela tylko cienką warstwą błonę komórkową.

W młodych komórkach tworzy on liczne drobne wodniczki, w komórkach wyrośniętych natomiast zajmuje cały środek komórki. Protoplazmy wystarcza tylko na utworzenie cienkiej warstwy przy błonie, gdzie otacza ona jądro. Mimo to protoplazma z jądrem są głównymi częściami komórki, jedynymi jej żywymi składnikami.

Poznamy później komórki roślinne nagie, bez błony, między innymi pływki glonów. Są to jednak przypadki rzadkie. Inaczej jest u zwierząt, u których komórki są przeważnie pozbawione błony. Komórki zwierzęce, które zasadniczo mają to samo urządzenie, odznaczają się nadto zawsze drobnymi wodniczkami.

POKAZY. Dla poznania budowy komórkowej roślin trzeba umieć przygotować materiał do badania i obchodzić się z mikroskopem.

Ponieważ rośliny przedstawiają przeważnie bryłowate skupienia komórek, trzeba materiał dzielić na części, tak żeby badane komórki nie były zasłonięte przez inne. W przypadku, opisanym w tym ustępie, jest to łatwe, bo skórka z łusek cebuli składa się z jednej warstwy komórek, luźnie związanych z położonymi głębiej komórkami. Należy cebulę rozciąć na 4—6 części wzdłuż, oddzielić od siebie łuski i odciąć z nich górną i dolną część. Następnie trzeba brzytwą naciąć wewnętrzną stronę łusek równoległymi, krzyżującymi się pod kątem prostym, płytkimi wcięciami. Zaznaczone w ten sposób prostokątne kawałki skórki łatwo wtedy zdejmują się przy pomocy szczypczyków. W innych przypadkach musi się wycinać brzytwą z rośliny plasterki, tzw. skrawki. Trzeba wprawić się w wycinanie skrawków, możliwie cienkich, aby nie zawierały kilku warstw komórek. Jeżeli jednak chodzi o obserwowanie żywych komórek, skrawki nie mogą być zbyt cienkie, by badanych komórek nie uszkodzić. Wielowarstwowość skrawka nie jest nawet przeszkodą nie do pokonania, a to dzięki przezroczystości, właściwej cienkim skrawkom materiałów roślinnych. W mikroskopie widzi się zawsze tylko punkty leżące na jednej powierzchni, nieco wklęsłej lub w nowszych przyrządach — płaskiej. Jest to p r z e k r ó j  o p t y c z n y przedmiotu. Przesuwając tubę mikroskopu, można oglądać kolejno płytsze i głębsze części przedmiotu, nigdy jednak nie widzi się go w całości. Dotyczy to także obserwacyj nad pojedynczą komórką.

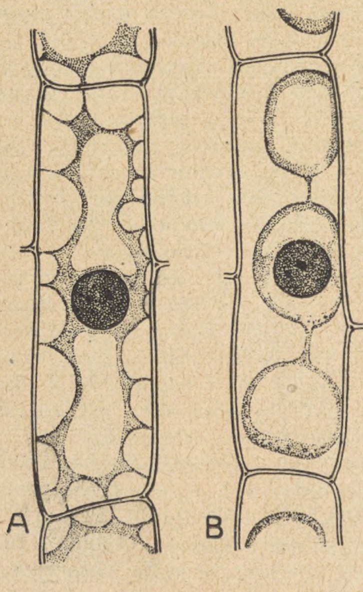
Dla należytego przeprowadzenia obserwacyj nad komórką potrzebne są suche obiektywy o powiększeniach 5, 20 i 60 (NN 505, 506, 503 Polskich Zakładów Optycznych, znaki 2, 4, 7 firm Leitz i Reichert). Okularu najlepiej używać z powiększeniem 10-krotnym. Statyw powinien mieć aparat oświetlający, pozwalający zmieniać w szerokich granicach oświetlenie przedmiotu. To ostatnie jest bardzo ważne: tylko przy należytym oświetleniu można wyraźnie widzieć szczegóły budowy komórki; zarówno zbyt silne oświetlenie, jak też i zbyt słabe przeszkadzają w obserwacji.

Dla zabarwienia soku komórkowego czerwienią obojętną trzeba sporządzać roztwory bardzo rozcieńczone, gdyż w większym stężeniu barwik działa zabójczo na protoplazmę. W tym celu sporządza się zasadniczy roztwór 1 : 1000, rozpuszczając 1 *g* barwiku w litrze wody. Następnie do użytku rozcieńcza się go stosownie do potrzeby. Najlepsze wyniki daje rozcieńczenie 1 : 20.000. Trzeba przy tym mieć na uwadze, że barwik przenika powoli. Dobrze jest włożyć skrawek do roztworu barwika w przeddzień obserwacji. Trzeba uważać na to, czy komórki są żywe, trafiają się bowiem nieraz części skórki martwe. Poza tym różne gatunki cebuli mają swoje osobliwe

właściwości. Nie należy się zrażać niepowodzeniami i powtórzyć ewentualnie wielokrotnie obserwacje. Zawsze można dojść do tego, by zobaczyć w skórce łusek cebuli wszystko, co zostało opisane w tym ustępie.

Dla obserwowania skrawków kładzie się je w kropli wody na szkiełko przedmiotowe i przykrywa się cienkim szkiełkiem pokrywkowym. O ile wody będzie za mało, wystarczy za pomocą laseczki szklanej umieścić kroplę przy brzegu szkiełka — zostanie ona natychmiast wciągnięta. Trzeba przy tym uważać, by nie było pęcherzyków powietrza, które silnie przeszkadzają w obserwacjach.

2. PROTOPLAZMA, jak widzieliśmy, jest bezbarwną, galaretowatą, ziarnistą masą. Ruchy, jakie w niej obserwujemy, uwidoczniają jej budowę. Uwydatnia się ona jeszcze lepiej w zjawisku **plazmolizy**, która następuje, jeżeli włożyć komórki do roztworu soli lub cukru (ryc. 3). Protoplazma wtedy kurczy się i to tym bardziej, im bardziej stężony jest roztwór. Wodniczki przy tym maleją i część wody z nich przechodzi przez protoplazmę zajmując jej miejsce przy błonie. Protoplazma oddziela się od błony stopniowo przylegając do niej niektórymi częściami. Przybiera ona wtedy dziwaczne zarysy z licznymi wklęśnięciami. Po dłuższym czasie, o ile roztwór był dostatecznie stężony, protoplazma zaokrągla się i może odejść od błony całkowicie.




Ryc. 3. Zjawisko plazmolizy w komórce skórki u cebuli. — Oryginalny rysunek T. Szynala

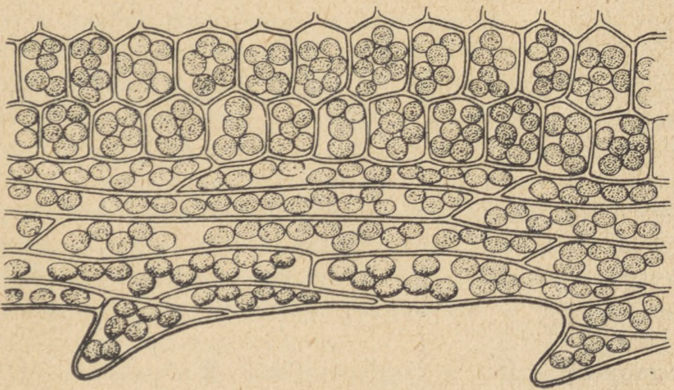
Protoplazma w komórkach cebuli jest całkowicie bezbarwna. Nieraz spotyka się jednak komórki, w których zawiera ona zielone ciałka, **chloroplasty**, zwane inaczej **ciałkami zieleni**. Dana część rośliny przybiera wtedy zieloną barwę, co jest charakterystyczne dla większości roślin. Na poprzecznym przekroju pierwszego lepszego liścia można te ciałka widzieć. Wygodniej jest jednak wziąć liść jakiegokolwiek mchu, gdyż taki liść jest zwykle jednowarstwowy i tylko w części środkowej składa się z kilku warstw (ryc. 4).

Zielona barwa ciałek zieleni jest powodowana przez chlorofil, zielony barwik nierozpuszczalny w wodzie, rozpuszczalny w spirytusie i jeszcze lepiej w benzynie. Chlorofil występuje w dwóch odmianach zmieszanych ze sobą, niewiele od siebie różnych:

$$\left(\begin{array}{ll} \text{Chlorofil a:} & C_{55}\ H_{52}\ O_5\ N_4\ Mg \\ \text{Chlorofil b:} & C_{55}\ H_{50}\ O_6\ N_4\ Mg \end{array}\right)$$

Oprócz chlorofilu ciałka zieleni zawierają jeszcze dwa inne barwiki, zwane k a r o t y n o i d a m i: Żółty — k s a n t o f i l i żółtawo-czerwoną k a r o t y n ę. Ponieważ ciałka zieleni zawierają tych barwików niewiele, zielona barwa utrzymuje się.

Ciałka zieleni wielu glonów, zwłaszcza morskich, zawierają obok chlorofilu inne jeszcze barwiki i to w tak dużej ilości, że przybierają barwę żółtą, brunatną lub czerwoną.

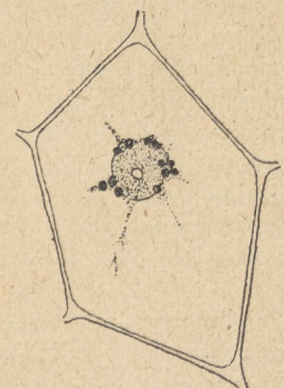


Ryc. 4. Ciałka zieleni w liściu mchu. — Oryginalny rysunek T. S z y n a l a

Omawiane zielone składniki protoplazmy odgrywają w życiu rośliny bardzo ważną rolę, bo w nich przy współudziale światła wytwarzają się z dwutlenku węgla i wody substancje organiczne odżywiające roślinę.



Ryc. 5. Chromoplasty w komórce miękiszu owoców jarzębiny (*Sorbus Aucuparia*)



Ryc. 6. Leukoplasty w komórce skórki u trzykrotki. — Według S t r a s b u r g e r a

Widocznym tego znakiem jest często dająca się stwierdzić obecność w ciałkach zieleni ziarenek skrobi.

W komórkach roślinnych można zauważyć czasem inne jeszcze składniki barwne, c h r o m o p l a s t y. Barwa ich, żółta lub czerwono-żółta,

jest powodowana przez karotynoidy, głównie przez karotynę. Można to widzieć w korzeniach marchwi, w owocach jarzębiny i pomidorów (ryc. 5), także w płatkach jaskrów. Chromoplasty mają przeważnie zarysy kanciaste, powodowane przez krystalizację barwików.

Badając rozwój rośliny można przekonać się, że zarówno chloroplasty (ciałka zieleni), jak i chromoplasty pierwotnie są bezbarwne. Otóż w protoplazmie widzi się bardzo często bezbarwne ciałka podobne do chloroplastów i chromoplastów. Są to leukoplasty, które szczególnie łatwo dają się obserwować w komórkach skórki u trzykrotki [*Tradescantia* (ryc. 6)]. Wobec tego wszystkie te ciałka, barwne i bezbarwne, uważa się zasadniczo za takie same składniki protoplazmy, które otrzymały nazwę plastydów. Same leukoplasty są bardzo ważnymi składnikami, gdyż w nich także tworzą się ziarenka skrobi.

Poza plastydami widzi się w protoplazmie inne jeszcze ciałka różnej wielkości — od drobnych ziarenek i kropelek do dużych kryształów, zajmujących większą część komórki. Są to albo składniki protoplazmy, albo jej wytwory (zob. ust. 3). Wszystkie te odrębne składniki protoplazmy mieszczą się w bezbarwnej, jednolicie galaretowatej masie — hyaloplazmie.

Żywa protoplazma jest w ciągłym ruchu. Widzieliśmy już ten ruch w komórkach skórki z łusek cebuli. O wiele wyraźniej widać to w liściach moczarki *(Elodea)*, gdzie protoplazma krąży dosyć szybko naokoło komórki wraz z ciałkami zieleni. Ruch protoplazmy jest świadectwem życia komórki. Innym jego sprawdzianem jest plazmoliza: tylko żywe komórki wykazują to zjawisko.

Skład chemiczny protoplazmy trudno jest ściśle ustalić, gdyż nie podobna oddzielić istotnej protoplazmy od jej wytworów. Potrzebne do analizy chemicznej większe ilości protoplazmy trudno jest zdobyć. Jedynym bodaj materiałem jest śluźnia *(Fuligo septica)*, którą można mieć w nieograniczonych ilościach. Protoplazma zawiera 70—90% wody. W niej to stwierdzono (w stosunku do suchej masy) 40,7% substancyj rozpuszczalnych. Są to z pewnością w przeważnej części wytwory protoplazmy, rozpuszczone w soku komórkowym. Właściwa substancja protoplazmy jest prawdopodobnie w całości lub w przeważnej części nierozpuszczalna. Znaleziono w niej 34,8% ciał białkowych i 16,1% lipoidów (tłuszczów i substancji do nich zbliżonych swoimi właściwościami fizycznymi). Resztę (8,6%) stanowiły inne substancje organiczne i sole mineralne. Przytoczone liczby mają zresztą wartość tylko orientacyjną, bo różne analizy dają nieco odmienne wyniki.

POKAZY. Oglądanie ciałek zieleni w liściach mchów nie sprawia żadnych trudności. Trudniej jest wykazać obecność w nich ziarenek skrobi. Trzeba w tym celu usunąć chlorofil spirytusem i zabarwić skrobię roztworem jodu. Skrobia barwi się wtedy na kolor błękitny. Ciałka zieleni zresztą nie zawsze zawierają ziarenka skrobi, znikają one w nocy i trzeba brać materiał niezbyt wcześnie rano.

Dla otrzymania wyciągu spirytusowego chlorofilu należy jakiekolwiek liście rozetrzeć w moździerzu z piaskiem, zalać spirytusem 95% i wymieszać. Następnie należy przesączyć przez bibułę. Po skłóceniu wyciągu z benzyną czasem benzyna nie oddziela się. Trzeba wtedy dodać trochę wody.

Chromoplasty najlepiej jest oglądać w owocach jarzębiny świeżych lub przechowywanych w spirytusie. Miąższ tych owoców trzeba rozetrzeć na szkiełku i dodać wody — komórki łatwo oddzielają się od siebie. Można także widzieć te ciałka w korzeniu marchwi — trzeba z nich wycinać brzytwą skrawki.

Dla zapoznania się z leukoplastami należy brzytwą ściąć kawałek skórki z liścia trzykrotki tak, żeby komórki skórki nie zostały uszkodzone. Leukoplasty są najlepiej widoczne w komórkach, przylegających do komórek szparkowych i to u gatunku *Tradescantia zebrina*, odznaczającym się czerwonymi pasmami na liściach.

3. WYTWORY PROTOPLAZMY. Protoplazma przy współudziale jądra wytwarza bardzo różne substancje. Jedne z nich znajdują natychmiastowy użytek w procesach życiowych i przemieniają się w inne, są to materiały r o b o c z e, np. glukoza czyli cukier gronowy, która między innymi służy do budowy błon oraz do zasilania życia energią w niej zawartą, a uwalnianą w procesach utleniania lub rozkładu. Inne znowu są gromadzone w pewnych komórkach i są użytkowane dopiero później, są to materiały z a p a s o w e, jak np. skrobia i tłuszcze wytwarzane z glukozy. Inne jeszcze po wytworzeniu się nie ulegają dalszym przemianom, jak np. żywice, szczawian wapnia. Po większej części są one rozpuszczone w wodzie i przeto niewidoczne. Odkładając bardziej szczegółowe ich omówienie do części fizjologicznej, zajmiemy się tu tylko tymi wytworami, które dają się dostrzec pod mikroskopem.




Ryc. 7. Przekrój liścieni grochu *(Pisum sativum)*; większe ziarenka są ziarnami skrobi, drobne — ziarnami aleuronu, *j* — jądro komórkowe. — Według S t r a s b u r g e r a

Już na samym początku, oglądając skórkę cebuli, spotkaliśmy się z dwoma wytworami protoplazmy — z błoną i sokiem komórkowym. Błona komórkowa wymaga oddzielnego omówienia (zob. ust. 4), zajmiemy się więc na razie sokiem komórkowym. Jest to przeważnie ciecz wodnista, zawierająca w roztworze różne k r y s t a l o i d y, czyli substancje o małych drobinach (cząsteczkach): cukry, sole, barwiki itp. Rzadziej jest ona gęsta z powodu zawartości k o l o i d ó w, to znaczy substancyj o dużych drobinach, np. w naczyniach mlecznych, rurkach sitowych (zob. ust. 29 i 31). W krańcowych przypadkach sok komórkowy może zawierać tyle substancyj w roztworze, że się zestala. Tak

jest np. w nasionach roślin motylkowych (groch, fasola i inne), w których drobne wodniczki zamieniają się na ziarenka złożone z ciał białkowych tzw. ziarna aleuronu (ryc. 7). W tej formie ciała białkowe odgrywają rolę materiałów zapasowych.

Ciekawe są barwiki występujące w soku komórkowym. Są one czerwone lub niebieskie, tzw. antocjaniny, albo żółte, tzw. antochlory. Pierwsze znajdujemy między innymi w korzeniach buraków, w czerwonych i niebieskich płatkach kwiatów (np. u róży, bławatka, fiołka). Drugie powodują żółtą barwę wielu kwiatów, np. dziewanny, komonicy, ale nie jaskra, u którego zabarwienie płatków pochodzi z chromoplastów (zob. ust. 2).

Z zawartości barwików w soku komórkowym można skorzystać celem stwierdzenia bardzo ważnej własności protoplazmy, mianowicie jej słabej przepuszczalności. Barwiki nie przenikają z wodniczków do protoplazmy i nie uchodzą na zewnątrz komórki, dopóki protoplazma jest żywa. Wystarczy jednak zabić ją, np. przez ogrzanie komórek we wrzącej wodzie, ażeby barwiki zaczęły uchodzić do otaczającej cieczy. Można to łatwo pokazać na czerwonych korzeniach buraków.

Bardzo ważnym wytworem protoplazmy są ziarenka skrobi, które powstają w chloro- i leukoplastach (ryc. 8). Skrobia tworzy się z cukru gronowego (glukozy), powstającego w ciałkach zieleni w procesie przyswajania dwutlenku węgla. Stanowi ona materiał zapasowy i dlatego znajdujemy ją w szczególnie dużych ilościach w narządach roślin służących do zimowania: w ziarnach zbóż, bulwach ziemniaków itd.

Ziarna skrobi mają charakterystyczną warstwową budowę. W środku lub bliżej powierzchni mieści się jąderko skrobi, które wytwarza się najpierw. Otaczają je liczne, kolejno powstałe warstwy. Różne rośliny różnie budują swoją skrobię. Na przykład u ziemniaków (ryc. 8*A*) ziarenka są owalne, nieco zaostrzone z jednego końca. Bliżej tego końca mieści się jąderko. Warstwy są z tej strony cieńsze i grubieją w miarę oddalania się od jąderka. Budowa jest ekscentryczna czyli odśrodkowa. Uwarstwienie jest bardzo wyraźne. Ziemniaki mają ze wszystkich roślin u nas uprawianych największe ziarenka skrobi. U pszenicy (ryc. 8*B*) ziarenka mają jąderko pośrodku, są zbudowane koncentrycznie czyli dośrodkowo. Uwarstwienie jest niewyraźne. Ziarenka są okrągłe, kształtu soczewkowatego. Są one dwojakiego rodzaju: jedne bardzo drobne; inne wyraźnie większe, mniejsze jednak niż u ziemniaka. Podobną skrobię mają żyto i jęczmień. U fasoli (ryc. 8*C*) skrobia jest koncentryczna o ziarenkach owalnych z charakterystycznymi spękaniami odchodzącymi od środka. Podobnie wygląda skrobia innych roślin motylkowych: grochu, bobu, soczewicy. U owsa (ryc. 8*D*) znowu mamy tę osobliwość, że ziarenka, które są bardzo drobne, sku-

piają się w owalne ziarenka złożone. Podobnie jest u ryżu, tylko skrobia jest jeszcze drobniejsza. Ziarenka tych dwu zbóż nie wykazują spękań i mają postać kanciastą, skutkiem przylegania do siebie.

Skrobia jest węglowodanem o wzorze $(C_6 H_{10} O_5)$ n, gdzie *n* wynosi między 400 a 1500. Jest ona nierozpuszczalna w zimnej wodzie, rozpuszczalna w gorącej tworząc mniej lub więcej lepki roztwór, zwany klajstrem. Charakterystyczną reakcją jest działanie jodu, który wywołuje zabarwienie błękitne. Zabarwienie to znika przy ogrzaniu i wraca, ale nieco słabsze, po oziębieniu. Pod działaniem kwasów skrobia rozpuszcza się skutkiem przemiany na glukozę.

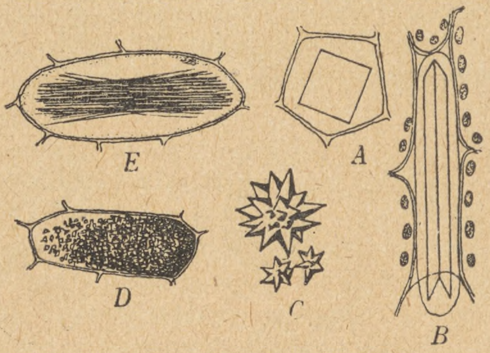



Ryc. 8. Różne formy ziaren skrobi: *A* — ziemniak *(Solanum tuberosum)*, *B* — pszenica *(Triticum sativum)*, *C* — fasola *(Phaseolus multiflorus)*, *D* — owies *(Avena sativa)*. U pszenicy dwa dolne ziarna są przedstawione z profilu i mają zarysy eliptyczne, ponieważ są spłaszczone. — Według Strasburgera

Bardzo częstym wytworem protoplazmy są tłuszcze tworzące kropelki silnie łamiące światło. Rozpuszczają się one w gorącym alkoholu i w eterze. Stanowią one, tak samo jak skrobia, materiał zapasowy. Najlepiej daje się widzieć w nasionach oleistych, np. u rącznika *(Ricinus)*, lnu, słonecznika.

Dobrze widocznym wytworem protoplazmy są wreszcie kryształy szczawianu wapnia (ryc. 9). Wygląd mają one różny. Pojedyncze duże, nieco wydłużone kryształy można łatwo obserwować w zewnętrznych suchych łuskach cebuli. W miąższu liści aloesu są piękne rafidy — skupienia równolegle ułożonych, cienkich, igiełkowatych kryształów. W liściach tytoniu niektóre komórki zawierają skupienia licznych drobnych, newydłużonych kryształów, tzw. piasek krystaliczny.

POKAZY. Dla poznania ziaren aleuronu należy namoczyć w wodzie nasiona grochu, zdjąć łupinę i wyciąć skrawek z liścieni, które wypełniają nasienie niemal całkowicie. W komórkach widzi się dosyć duże ziarna skrobi i naokoło bardzo drobne ziarna aleuronu. Dodajemy następnie roztworu jodu i jodku potasu w wodzie. Skrobia barwi się na niebiesko, aleuron na żółto. Szczególnie duże ziarna aleuronu zawierają nasiona rącznika *(Ricinus)*. W protoplazmie są tu widoczne kropelki tłuszczów.




Ryc. 9. Kryształy szczawianu wapnia. — *A* Pojedynczy kryształ z łyka lipy *(Tilia grandifolia)*. — *B* Podwójny kryształ z liści kosaćca (*Iris germanica*). — *C* Druzy z pędów opuncji *(Opuntia grandis)*. — *D* Piasek krystaliczny z kory czarnego bzu *(Sambucus nigra)*. — *E* Rafidy z zalążni przebiśniego *(Galanthus nivalis)*. — Według Strasburgera

Wykazanie przepuszczalności martwej protoplazmy nie przedstawia żadnych trudności. Drobno pokrajane i obmyte korzenie czerwonych buraków kładziemy do dwóch zlewek i zalewamy wodą. Jedną z nich ogrzewamy do wrzenia. W niej woda barwi się na czerwono, w drugiej zaś pozostanie bezbarwna.

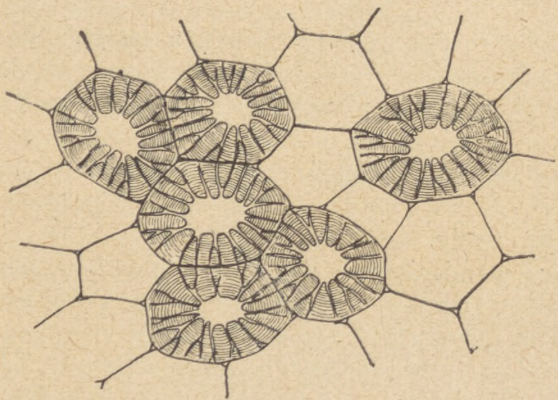
Oglądanie skrobi jest łatwe. Bierzemy bulwę ziemniaka, krajemy ją i bierzemy kroplę wypływającego z przekroju soku na szkiełko. Ziarna zbóż i nasiona roślin motylkowych kraje się i z przekroju zdrapuje się nieco skrobi do kropli wody.

Dla obejrzenia kryształów szczawianu wapnia w zewnętrznej suchej łusce cebuli trzeba ją rozmoczyć i rozdzielić igłą na poszczególne warstwy. Miąższ liści aloesu łatwo rozpada się na poszczególne komórki. Dla obejrzenia kryształów szczawianu wapnia w liściach tytoniu należy wziąć listek tytoniu do palenia i po rozmoczeniu oglądać go w roztworze kwasu octowego lub wodzianu chloralu, aby materiał był bardziej przezroczysty. Skupienia drobnych kryształów zaznaczają się jako ciemne plamy.

4. BŁONA KOMÓRKOWA. W młodych komórkach błona jest cienka i oglądana pod mikroskopem wydaje się jednolita. Przylegające do siebie komórki mają błonę wspólną, która je oddziela od siebie.

Z biegiem czasu ta cienka błona rozrasta się na długość i szerokość skutkiem wchodzenia do niej coraz to nowych cząsteczek i zarazem grubieje dzięki narastaniu nowych warstw, należących do sąsiadujących ze

sobą komórek. Powstaje w ten sposób uwarstwienie, które jest tym lepiej widoczne, im błona jest grubsza. Można je widzieć np. w tzw. komórkach kamiennych, rozsianych grupami w miąższu gruszki (ryc. 10). Pierwotna cienka błona, zwana blaszką środkową jest nietrwała, przeto w wielu wypadkach zanika i wtedy komórki rozklejają się niejako i mogą odsuwać się od siebie. Tworzą się między nimi wolne przestrzenie wypełnione powietrzem, tzw. przestwory międzykomórkowe.



Ryc. 10. Komórki kamienne w miąższu gruszki (*Pirus communis*). — Oryginalny rysunek T. Szynala

Błona nigdy nie grubieje cała, powstają zawsze miejsca, gdzie warstwy nie narastają i gdzie powstają w ten sposób wgłębienia, tzw. jamki. Są one bardzo wyraźne w grubych błonach, np. w komórkach kamiennych gruszki, gdzie mają postać kanalików. Jest rzeczą bardzo znamienną, że w sąsiadujących ze sobą komórkach jamki tworzą się zawsze naprzeciwko siebie, tak że w tych miejscach komórki są oddzielone tylko cienką blaszką środkową. Tłumaczy to ich rolę w życiu rośliny: tędy odbywa się sączenie substancyj z komórki do komórki, tu napotyka ten ruch na najmniejszy opór.

Głównym składnikiem błony komórkowej jest błonnik czyli celuloza, węglowodan podobnego składu jak skrobia, o wzorze $(C_6H_{10}O_5)n$ ale o drobinach inaczej zbudowanych, *n* leży tu między 200 a 1300. Błonnik odznacza się wielką trwałością. Kwasy rozcieńczone nań nie działają. Pod działaniem stężonego kwasu siarkowego błonnik rozpuszcza się, rozszczepiając się na glukozę. Nie jest on nigdy czysty, są w nim zawsze domieszki substancji organicznych i mineralnych. Najważniejsze z substancji organicznych omówimy poniżej:

W wielu komórkach błona zawiera ligninę, która nadaje błonom sztywność, jakiej błonnik nie posiada — dowodem są wiotkie nici bawełniane, złożone z czystego prawie błonnika. Dzięki zawartości ligniny sztywne jest drewno — dlatego też takie błony nazywamy zdrewnia-

łymi. Obecność ligniny łatwo jest wykryć, działając roztworem spirytusowym floroglucyny i kwasem solnym: błony zdrewniałe przybierają piękne zabarwienie czerwone. Można to widzieć np. na papierze gazetowym, złożonym głównie z komórek drewna o błonach przesyconych ligniną. Ten składnik błony jest najtrwalszy i najdłużej opiera się butwieniu. Dlatego też węgiel kamienny, który, jak wiadomo, składa się z resztek dawnej roślinności, pochodzi prawdopodobnie całkowicie z ligniny.

W korku, błony są przesycone inną substancją organiczną — suberyną, która odznacza się bardzo słabą przepuszczalnością. Skutkiem tego komórki korka w miarę zjawiania się suberyny zamierają, bo wolna komunikacja z otoczeniem jest niezbędnym warunkiem życia. Podobna substancja, również słabo przepuszczalna, pokrywa skórkę na pędach nadziemnych: jest to kutyna. Chroni ona roślinę przed zbyt silnym wyparowywaniem wody.

Oprócz wyżej wymienionych substancji błony komórkowe zawierają nieraz hemicelulozy — substancje zbliżone do błonnika, ale mało trwałe: pod działaniem rozcieńczonych kwasów rozpadają się one na różne cukry, podczas gdy błonnik nie zmienia się. Te substancje mogą odgrywać rolę materiałów zapasowych: np. w pestkach daktyli służą za pokarm dla młodych roślinek, które z nich wyrastają. Jeszcze mniej trwałe są substancje pektynowe, które w gorącej wodzie rozpuszczają się, tworząc galaretę. Najwięcej zawierają ich owoce, co nadaje przetworom owocowym charakterystyczną galaretowatość (marmolady).

Należy wreszcie wspomnieć o śluzach i gumach, które galaretowacieją już w zimnej wodzie. Śluz można widzieć w skórce nasion lnu, które po zwilżeniu stają się śliskie. Gumę znajdujemy między innymi na gałązkach drzew wiśniowych.

Mniej ciekawe są składniki mineralne błon komórkowych. Warto jednak wspomnieć o krzemionce, która u okrzemek (zob. ust. 18) stanowi główny składnik błony. W dosyć dużej ilości spotyka się ją także w źdźbłach traw i pędach skrzypów. Węglan wapnia występuje również w błonach niektórych roślin.

POKAZY. Wycięcie skrawków z miąższu gruszki dla pokazania komórek kamiennych nie przedstawia żadnych trudności. Można na tym materiale zauważyć zdrewniałe błony. Trzeba sporządzić roztwór spirytusowy floroglucyny rozpuszczając odrobinę tej substancji w alkoholu 95%. Należy puścić następnie kroplę tego roztworu na skrawek i zaraz potem kroplę stężonego kwasu solnego.

Równie łatwo jest przeprowadzić próbę na ligninę na papierze. Należy wziąć różne gatunki papieru: silniejsze lub słabsze zabarwienie wskaże na różną zawartość nieprzerobionych włókien drzewnych. Papier „bezdrzewny" zawiera także te włókna, ale pozbawione ligniny działaniem pewnych odczynników, między innymi siarczynów, soli kwasu siarkawego ($H_2SO_3$).

5. JĄDRO, które poznaliśmy już w ust. 1, ma budowę bardzo złożoną. Nie można jej zbadać w materiale żywym, gdzie nawet nie zawsze da się jądro dostrzec, gdyż zasłaniają je inne składniki komórki. Do tego trzeba użyć sposobów bardziej złożonych. Należy pociąć komórki na bardzo cienkie skrawki grubości 5—15 $\mu$ Zawartość komórki rozpłynęłaby się wtedy. Trzeba więc spowodować jej stwardnienie, przy czym naturalnie komórka zostanie zabita. Jest to tzw. u t r w a l e n i e, polegające na działaniu pewnymi odczynnikami: alkoholem, kwasami (octowym, osmowym i innymi), sublimatem, formaliną itp. lub odpowiednio przygotowaną mieszaniną tych odczynników. Takie skrawki trzeba następnie zabarwić tak, żeby różne części jądra przybrały różną barwę.

Odpowiednio utrwalone i zabarwione jądro wykazuje przy silnym powiększeniu następującą budowę. Na powierzchni jest cienka b ł o n a j ą d r o w a, otacza ona galaretowatą ciecz, tzw. s o k j ą d r o w y. W soku tym zauważamy delikatną siatkę, na niciach której są rozsiane ziarenka. Siatka i ziarenka składają się z substancji białkowej, c h r o m a t y n y, mającej reakcję kwaśną z powodu zawartości kwasu fosforowego. Barwi się ona przeto barwikami zasadowymi, jak zieleń metylowa, safranina, żelazista hematoksylina itp. Specyficznym barwikiem chromatyny jest zieleń metylowa. Wodny jej roztwór z dodaniem kwasu octowego jest bardzo wygodny, bo jednocześnie utrwala i barwi. Do utrwalonego materiału używa się zwykle hematoksyliny żelazistej, która barwi chromatynę na czarno, podczas gdy inne składniki jądra pozostają bezbarwne. Jądro zawiera poza tym jedno lub kilka jąderek. Jąderko jest drobnym ciałkiem kulistym.

Taką budowę ma jądro w stanie spoczynku. Budowa ta silnie się zmienia przy podziale kariokinetycznym komórki, o którym będzie mowa w następnym ustępie.

POKAZY. Barwienie jądra roztworem octowym zieleni metylowej na skórce z łusek cebuli nie przedstawia żadnych trudności.

6. POWSTAWANIE KOMÓREK. W roślinach w okresie wegetacji bez ustanku powstają nowe komórki, podczas gdy inne zamierają. Nowe komórki tworzą się w dwojaki sposób: przez podział dawniejszych albo przez połączenie dwóch z nich. Jądra nowych komórek powstają przy tym z jąder dawniejszych, protoplazmy z dawniejszych protoplazm, nigdy zaś jądro nie tworzy się z protoplazmy ani protoplazma z jądra.

Podział komórek rozpoczyna się od jądra. Jądro w komórkach normalnych dzieli się sposobem, zwanym k a r i o k i n e t y c z n y m, którego są dwie odmiany: k a r i o k i n e z a z w y k ł a i r e d u k c y j n a.

Kariokineza zwykła rozpoczyna się od zmian w ukształtowaniu chromatyny. Rozproszone w jądrze ziarenka i niteczki tej substancji

pęcznieją, skupiają się i łączą tworząc nici ze zgrubieniami, podobne do sznurów pereł. Są to chromozomy (ryc. 11). Zgrubienia w nich nazywają się chromomerami. Ilość chromozomów i ich kształty są różne, zależnie od gatunku rośliny. Chromozomy zaraz po utworzeniu się dzielą się podłużnie, zachowując na razie swój kształt. Wkrótce potem zmienia się on, dzięki zlewaniu się chromomerów w jednolitą



Ryc. 11. Kolejne stadia kariokinezy. — Według Strasburgera

laseczkę, która przy tym zwykle skraca się. Jednocześnie po dwóch przeciwległych stronach jądra tworzą się w protoplazmie pęki nici kierujące się ku niemu. Następuje teraz rozpuszczenie błony jądrowej i wspomniane nici wchodzą do wnętrza jądra, gdzie łączą się ze sobą tworząc charakterystyczne wrzeciono. W tym samym czasie rozpływa się jąderko, a sok jądrowy miesza się z protoplazmą.

Chromozomy teraz kierują się do środkowej części wrzeciona i ustawiają się tam w płaszczyźnie równikowej, prostopadłej do osi wrzeciona.

Ten stan nosi nazwę metafazy. Wtedy najłatwiej jest badać chromozomy, bo nie zasłaniają się wzajemnie, co najwyżej częściowo.

Następuje teraz najważniejszy moment kariokinezy. Połówki chromozomów rozchodzą się, z każdego chromozomu jedna kieruje się do jednego końca wrzeciona, druga — do drugiego. Tam chromozomy łączą się w siatki chromatynowe, takie same jak w jądrze przed podziałem. Siatki te zostają otoczone przez nowe błony jądrowe, tworzą się w nich na nowo jąderka i powstają w ten sposób dwa jądra potomne. Trudno jest określić czas trwania kariokinezy, trzeba w tym celu śledzić jej przebieg w materiale żywym, co napotyka na duże trudności. Notowano czas trwania od 75 do 135 minut. Niska temperatura opóźnia kariokinezę, jak zresztą wszystkie procesy życiowe.

Na szczególną uwagę zasługują w kariokinezie następujące fakty. Po pierwsze w czasie tego procesu wszystkie części jądra rozpływają się w otaczającej protoplazmie z wyjątkiem chromatyny, która przyjęła formę chromozomów. Dowodzi to, że substancja ta stanowi najważniejszą część jądra. Jest to bardzo ważne. Są bowiem rośliny — bakterie i sinice — których komórki nie zawierają jądra, ale wykazują w protoplazmie chromatynę w formie ziarenek lub pałeczek. Można zatem powiedzieć, że mają one jednak jądro, lecz uproszczone, zredukowane do najważniejszego składnika.

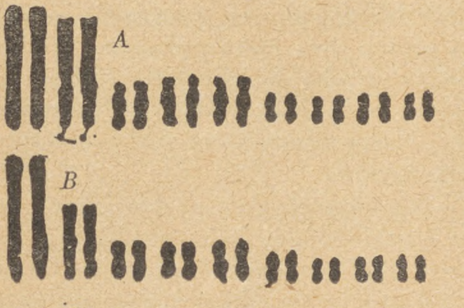
Dalej, ponieważ jądra potomne otrzymują połowę każdego chromozomu, charakter chromatyny nie zmienia się skutkiem podziału. Ujawnia się to przy dalszych podziałach, kiedy wytwarzają się z niej takie same garnitury chromozomów.



Ryc. 12. Splecione chromozomy podczas podziału redukcyjnego u lilii (*Lilium candidum*). — Według Grégoire'a

Dzieje się to, dopóki nie nastąpi kariokineza redukcyjna, zwana inaczej podziałem redukcyjnym. Odbywa się ona tylko w narządach rozmnażania się, np. w kwiatach, niedługo przed ich rozkwitaniem. Ilość chromozomów zmniejsza się wtedy do połowy. Proces ten odbywa się mniej więcej tak samo jak kariokineza zwykła, z tą tylko różnicą, że chromozomy nie dzielą się, lecz splatają lub zlepiają parami (ryc. 12), a następnie rozchodzą się w ten sposób, że z każdej pary jeden chromozom kieruje się do jednego końca wrzeciona, a drugi do drugiego. W ten sposób jądra potomne otrzymują całe chromozomy, ale w ilości o połowę mniejszej, niż miało ich jądro macierzyste. Ich garnitury chromozomalne będą przy tym jednakowe, gdyż splatają się względnie zlepiają ze sobą chromozomy jednakowe, podczas gdy chromozomy różnych par są zwykle różne. Nie zawsze daje się to stwierdzić.

Na przykład u szafirka *(Muscari comosum)* (ryc. 13) pierwsze dwie pary różnią się od siebie i od wszystkich innych, ale poza tym są trzy pary mniejszych, wyglądających jednakowo i jeszcze cztery pary małych także do siebie podobnych. Przeważnie wszystkie chromozomy są z wyglądu podobne, nigdy nie są jednak wszystkie jednakowe.



Ryc. 13. Garnitury chromozomów u dwóch gatunków szafirka (*Muscari*); u *M. comosum* (*A*) i *M. monstrosum* (*B*)

Kariokineza redukcyjna ma tę jeszcze osobliwość, że po niej następuje zaraz kariokineza zwykła. Zaczyna się ona nieraz jeszcze przed ukończeniem redukcyjnej, a mianowicie chromozomy wykazują podłużny podział już podczas rozchodzenia się do końców wrzeciona. W ten sposób podział redukcyjny prowadzi niechybnie do wytworzenia czterech jąder o zmniejszonej do połowy ilości chromozomów. Takie jądra i komórki, do których one należą, noszą nazwę h a p l o i d a l n y c h, podczas gdy jądro i komórka macierzysta nazywają się d i p l o i d a l n y m i. Komórki haploidalne występują w roślinach zwykle w niewielkiej ilości — biorą one udział w rozmnażaniu.

Pod koniec podziału kariokinetycznego jądra zaczyna się podział protoplazmy, który przebiega szybko. Dzieje się to przy współudziale wrzeciona (zob. ryc. 11). Nitki jego nabrzmiewają w środku tworząc kuleczki, które sklejają się. Powstaje z nich blaszka prostopadła do osi wrzeciona. Blaszka ta, dzięki wytworzeniu nowych włókien w wrzecionie, rozszerza się na boki aż do błony komórkowej dzięki wytworzeniu nowych. W końcu rozszczepia się ona równolegle do swojej powierzchni i podział protoplazmy zostaje dokonany. Natychmiast w szczelinie blaszki wytwarza się cienka błona komórkowa, która będzie oddzielała wytworzone w ten sposób dwie nowe komórki.

Należy jeszcze dodać, że jądro czasem — głównie w komórkach zdegenerowanych — dzieli się bezpośrednio bez zmiany w budowie, przez przewężenie. Podział protoplazmy wtedy nie następuje.

Poznaliśmy tworzenie się nowych komórek przez podział. Teraz trzeba rozpatrzyć powstawanie ich przez połączenie. Jest to zjawisko tak samo związane z rozmnażaniem, jak podział redukcyjny. Łączą się ze sobą haploidalne komórki, pozbawione błony, zwane g a m e t a m i. Zlewa się wtedy w jedną całość protoplazma z protoplazmą, proces ten nazywa się p l a z m o g a m i ą. Jednocześnie lub później zlewają się jądra, zjawisko zwane k a r i o g a m i ą. Chromatyna zachowuje przy tym swoją odrębność, bo przy podziałach wytworzonej w ten sposób nowej komórki, tzw. z y g o t y, powstaje podwójna ilość chromozomów. Zygota

zachowuje w niezmienionym stanie obydwa otrzymane od gamet garnitury chromozomów. Jest to komórka diploidalna. Opisany proces nosi nazwę z a p ł o d n i e n i a.

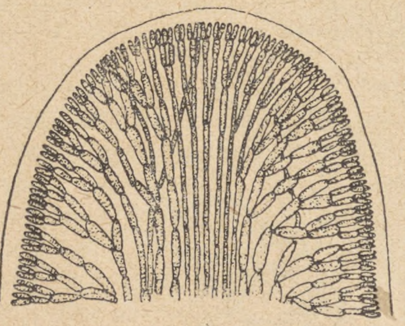



Ryc. 14. Nitkowate formy roślin — *A* Zielenica *Ulothrix*. — *B* Zielenica *Draparnaldia*. — *C* To samo silniej powiększone. — *D* Pędzlak *(Penicillium)*

Jasny jest obecnie ścisły związek między podziałem redukcyjnym i zapłodnieniem. Występują one w rozwoju rośliny na przemian i dzięki temu utrzymuje się stałość garnituru chromozomów.

POKAZY. Kariokineza zwykła jest najlepiej widoczna na gotowych trwałych preparatach z korzeni cebuli, u której chromozomy są szczególnie duże.

7. TKANKI. Wiciowce, bakterie i niektóre inne istoty żywe, stojące na pograniczu światów roślinnego i zwierzęcego, mają ciało złożone z jednej tylko komórki. Rośliny jednak są przeważnie organizmami wielokomórkowymi. U niektórych roślin komórki są złączone w nitkowate zespoły, jak to można widzieć u glonów (ryc. 14) i grzybów. Częściej jednak tworzą one skupienia kształtu blaszkowatego lub bryłowatego. Takie skupienia podobnych do siebie komórek wykonywujących jednakowe czynności noszą nazwę tkanek. W jednej roślinie można stwierdzić zwykle różnie ukształtowane tkanki.



Ryc. 15. Tkanki strzępkowe. — Krasnorost *Furcellaria fastigiata*. — Według Oltmannsa i Strasburgera.

Nitkowate zespoły komórek powstają wtedy, gdy komórki dzielą się przegrodami, równoległymi do siebie, lub też kiedy kierunek podziału zmienia się tylko zrzadka. Przy ciągłej zmianie kierunku podziałów powstają blaszkowate albo bryłowate skupienia komórek, nazwane powyżej tkankami. Nitkowate skupienia nie są uważane za tkanki, mogą je jednak tworzyć, jeśli nici splotą się lub zlepią ze sobą, co można widzieć u glonów, grzybów i porostów. Tego rodzaju tkanki noszą nazwę strzępkowych (ryc. 15). Komórki ich nie są od początku ze sobą złączone. Tkanki natomiast, powstające przy ciągłej zmianie kierunku podziału, w którym komórki od razu są złączone w sposób ostateczny, nazywamy prawdziwymi. Z nimi to będziemy mieli głównie do czynienia.

ROZDZIAŁ II

# ROZWÓJ ROŚLIN

8. POJĘCIE CYKLU ROZWOJOWEGO. Jeżeli będziemy obserwowali przez dłuższy czas jakąkolwiek roślinę, zauważymy, że ona wprawdzie powoli, ale ciągle zmienia się. Jeżeli to będzie, dajmy na to,

jednoroczna roślina nasienna, np. groch, to łatwo stwierdzić, że w zimie ma postać zarodka ukrytego w nasieniu, które wygląda, jak gdyby było ciałem martwym. Roślina nie wykazuje wtedy żadnych zmian: komórki jej nie rosną ani nie dzielą się. Zasiane do wilgotnej gleby na wiosnę, nasienie ożywia się. Korzonek zawartego w nim zarodka zaczyna rosnąć pomnażając i wydłużając swoje komórki. Niebawem przebija on łupinę nasienną i zagłębia się w ziemi. Wkrótce potem wyrasta z nasienia ulistniony pęd, który zrzuca łupinę i wytwarza coraz to nowe liście. Ten okres wzrostu trwa dłuższy czas, po czym następuje okres rozmnażania: roślina kwitnie i wytwarza owoce (strąki), a w nich nasiona. Na zimę giną pędy i korzenie, nasiona zaś wysypują się ze strąków. One jedne pozostają żywe, ale są w stanie spoczynku. Roślina przybrała znowu tę samą postać, by następnego roku odbyć te same przemiany. Opisany proces nosi nazwę r o z w o j u. Proces ten składa się z szeregu przemian następujących po sobie w określony sposób i powtarzających się w tej samej kolejności. Taki powtarzający się szereg przemian nosi nazwę c y k l u r o z w o j o w e g o. Można w nim wyróżnić stadia spoczynku, wzrostu i rozmnażania.

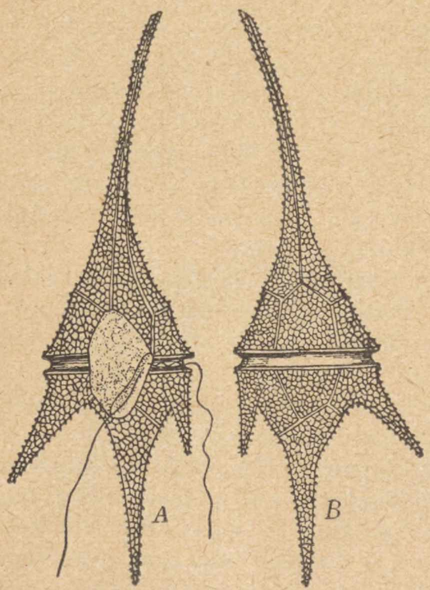
U różnych roślin cykl rozwojowy przedstawia się różnie. Na przykład u roślin nasiennych trwałych, takich jak drzewa owocowe, cykl rozwojowy nie kończy się na zjawiskach rozmnażania. Po wydaniu owoców i nasion rośliny żyją dalej przez wiele lat, kwitnąc i owocując co roku. U paproci znowu nie ma okresu spoczynkowego, o ile nieprzyjazne warunki zimowe nie powstrzymują przejściowo rozwoju itp.

W ogóle przebieg rozwoju ulega zmianom pod wpływem warunków zewnętrznych. Na przykład nasiona skalnicy *(Saxifraga)* muszą być przemrożone, by mogły kiełkować. Są dalej nasiona, które kiełkują tylko na świetle, np. nasiona tytoniu. Co do tych ostatnich, wystarczy jednogodzinne naświetlenie napęczniałych w wodzie nasion, by spowodować kiełkowanie. Są także nasiona, które, przeciwnie, kiełkują tylko w ciemności, np. nasiona szkarłatu *(Amarantus)*. Przez trzymanie nasion w niskiej temperaturze, nie wiele wyższej od zera, można przyśpieszyć rozwój rośliny, można np. spowodować, że ozime zboża kłoszą się tego samego lata — nazywa się to j a r o w i z a c j ą.

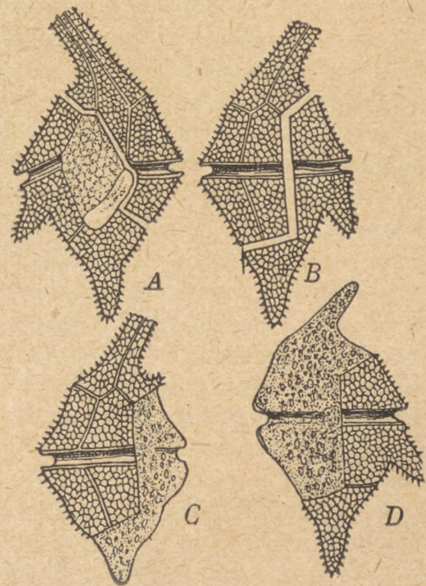
9. ROZMNAŻANIE odbywa się różnie. Najprostszy sposób spotykamy u roślin jednokomórkowych. Jest to mianowicie rozmnażanie przez p o d z i a ł. Roślina taka dzieli się na dwie jednokomórkowe rośliny potomne, które otrzymują od niej każda połowę wszystkich składników, brakujące zaś części dorabiają. Ciekawe jest to w odniesieniu do błony: jedna komórka potomna odtwarza tę część błony, która przypadła w udziale drugiej komórce (ryc. 16 i 17).

Rośliny wielokomórkowe rozmnażają się trzema sposobami: w e g e t a t y w n y m, b e z p ł c i o w y m i p ł c i o w y m. Rozmnażanie wegetatywne jest bardzo proste: od rośliny macierzystej oddziela się pewna

część, złożona z jednej lub wielu komórek. W praktyce rolniczej ten sposób rozmnażania jest często stosowany, jak na przykład w uprawie ziemniaków (bulwa — część wegetatywna rośliny po wysadzeniu do gleby wytwarza nową roślinę); w sadownictwie często rozmnażamy drzewa owocowe z sadzonek lub też drogą szczepienia, a w kwiaciarstwie np. georginię — z bulw, begonię — z sadzonek. W przyrodzie




Ryc. 16. Bruzdnica *Ceratium Hirundinella*. — *A* Od strony brzusznej. — *B* Od strony grzbietowej. — Według Paschera




Ryc. 17. *Ceratium*. *A* Dzieląca się komórka od strony brzusznej. — *B* To samo od strony grzbietowej. — *C*, *D* Komórki potomne. — Wg Lautenborna

rozmnażanie wegetatywne często zachodzi samorzutnie, np. u poziomki, u której rozłogi zakorzeniają się i dają nowe rośliny, oddzielając się następnie od rośliny macierzystej skutkiem gnicia części rozłogów (ryc. 18).

Przy rozmnażaniu wegetatywnym nowe rośliny tworzą się zwykle z dużej części rośliny macierzystej, a w każdym razie z części złożonych z wielu komórek. Istnieją jednakże liczne przypadki, kiedy nowe rośliny powstają z pojedynczych komórek. Na przykład przy sadzonkowaniu begonii, kiedy się wtyka kawałki liści do wilgotnego piasku, nowa roślina tworzy się nieraz z pojedynczej komórki. Zjawisko takie występuje stale u wielu grzybów, np. u pospolitych pleśni: kropidlaka

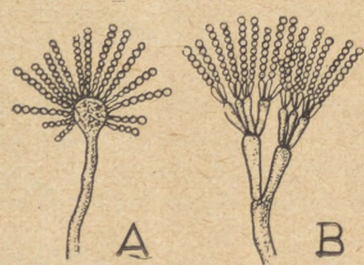
i pędzlaka (ryc. 19). Nowe rośliny tworzą się tu ze specjalnych komórek, zwanych konidiami, które różnią się wprawdzie kształtem od innych komórek, ale zawierają takie same jądra.



Ryc. 18. Poziomka *(Fragaria vesca)* —roślina z rozłogami. — Wg Baillona

Rozmnażanie roślin jednokomórkowych przez podział może być uważane za równoznaczne z wegetatywnym.

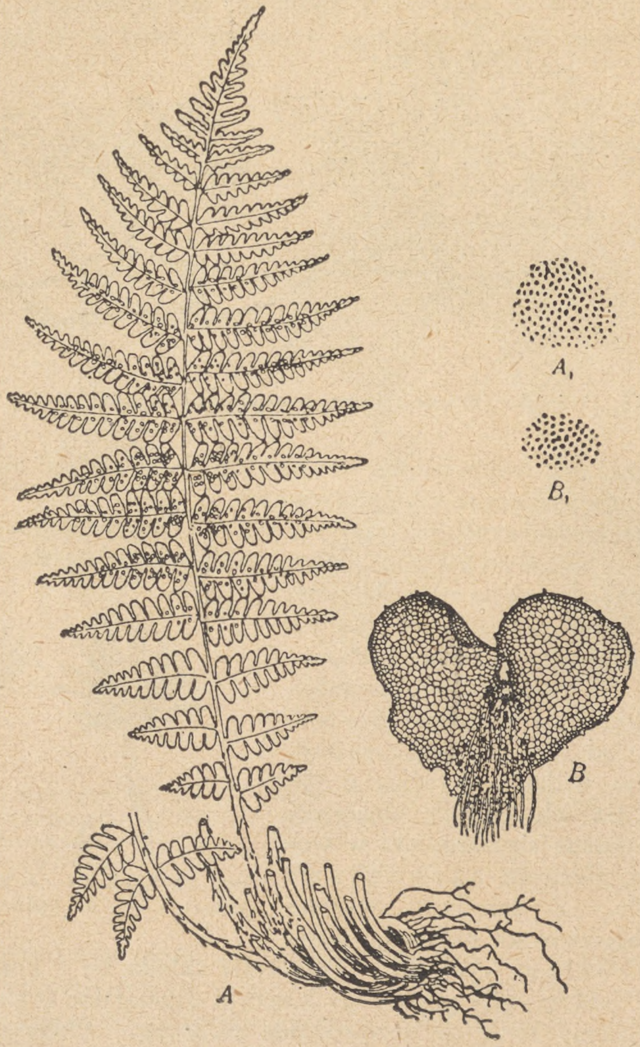
Rozmnażanie bezpłciowe odbywa się za pomocą osobliwych komórek, zwanych zarodnikami. Są one nieraz podobne do konidiów, ale nie tworzą się, jak te ostatnie, przez zwykłą kariokinozę, lecz przez podział redukcyjny z komórek diploidalnych. Są to komórki haploidalne. Toteż wyrastają z nich rośliny odmienne od rośliny macierzystej. Można to widzieć wyraźnie u paproci. Na ich dużych złożonych liściach tworzą się zarodniki w woreczkach, zwanych zarodniami (ryc. 20). Z zarodnika wyrasta drobna blaszkowata roślinka, zwana przedroślem (ryc. 20*B*). Przedrośle składa się z komórek haploidalnych, podczas gdy paproć ma komórki diploidalne (ryc. 20, $A_1$ i $B_1$).




Ryc. 19. Konidia. — *A* Kropidlak *(Aspergillus)*. — *B* Pędzlak *(Penicillium)*

Przejdziemy teraz do rozmnażania płciowego. Odbywa się ono za pomocą komórek diploidalnych, zwanych zygotami. Jak to już było wyjaśnione w ust. 6, komórki takie tworzą się w drodze zapłodnienia przez zlewanie się dwóch komórek haploidalnych, zwanych gametami. Zachodzi to między innymi w przedroślach paproci. Potomna roślina, złożona z komórek diploidalnych, będzie się oczywiście różniła od haploidalnej rośliny macierzystej, np. z zygoty wytworzonej na przedroślu wyrasta paproć.

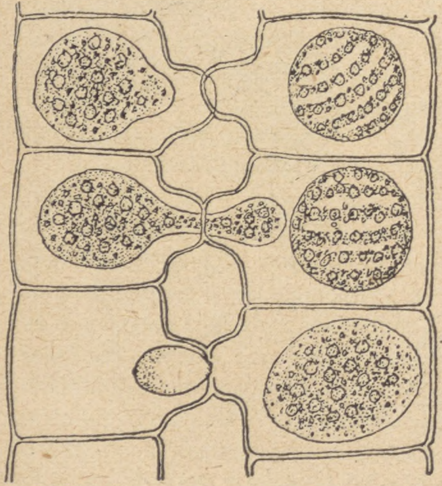
Zjawisko łączenia się gamet występuje najwyraźniej u sprężnic. Są to rośliny jednokomórkowe, o komórkach złączonych w nitkowate kolonie. Rolę gamet odgrywają tu zwykłe komórki wegetatywne, co jest możliwe z uwagi na to, że są one haploidalne. W najbardziej znanym przypadku,




Ryc. 20. Paproć *Aspidium Filix mas.* — *A* Forma diploidalna. — $A_1$ Jej garnitur chromozomów. — *B* Forma haploidalna (przedrośle). — $B_1$ Jej garnitur chromozomów. — $A_1$ *i* $B_1$ według Yamanouchi

a mianowicie u skrętnicy *(Spirogyra)* dwie kolonie ustawiają się równolegle i przeciwległe komórki łączą się przy pomocy wyrostków. Te ostatnie zamieniają się w kanaliki na skutek rozpuszczenia końcowej

części ich błon (ryc. 21). Następnie protoplazma z jądrem przelewa się z komórek jednej nici do drugiej, gdzie odbywa się zapłodnienie. U sprężnic roślina potomna jest podobna do macierzystej, bo jądro zygoty podlega podziałowi redukcyjnemu. Po tym podziale odbywa się naturalnie związana z nim kariokineza zwykła (ryc. 22). Z czterech wytworzonych jąder trzy zanikają. Podobne zjawiska spotyka się także u glonów.



Ryc. 21. Skrętnica *(Spirogyra)*. Zapłodnienie. — Według de Bary

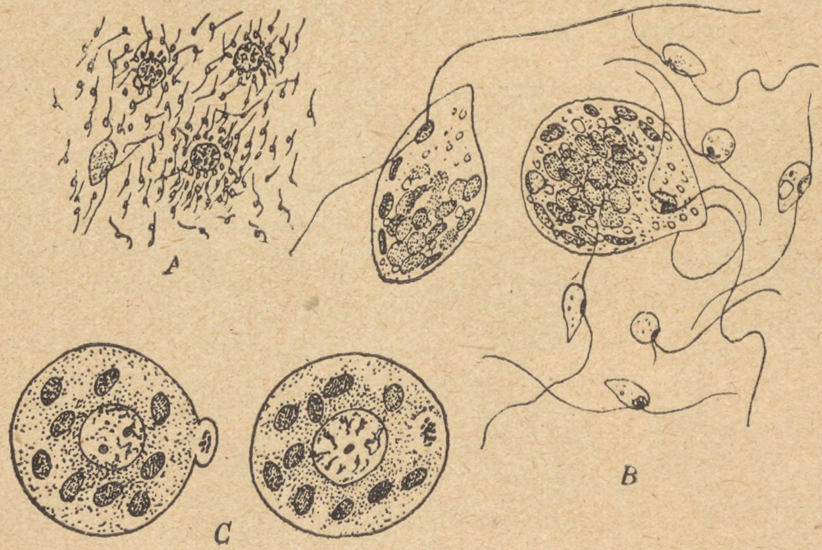
Gamety rzadko bywają jednakowe. W opisanym powyżej przypadku skrętnicy, różnią się one tylko zachowaniem w procesie zapłodnienia: jedne pozostają w miejscu, inne dołączają się do nich. Jest to przypadek i z o g a m i i, czyli rozmnażania z jednakowymi gametami.

Daleko częstszą jest h e t e r o g a m i a, przy której łączą się ze sobą gamety różne. Zachodzą tu między nimi różnice płciowe. Istnieją gamety większe — ż e ń s k i e i mniejsze — m ę s k i e. Oba rodzaje gamet mogą być ruchome, jak to daje się obserwować u wielu glonów morskich, np. u *Cutlerii*, gdzie gamety mają formę pływek — nagich komórek, poruszających się samorzutnie przy pomocy cienkich wyrostków protoplazmy, tzw. w i c i (ryc. 23). Heterogamia występuje najczęściej w formie krańcowej, zwanej o o g a m i ą, przy której gamety różnią się nie tylko wielkością, ale i zachowaniem: żeńskie są nieruchome, męskie — ru-



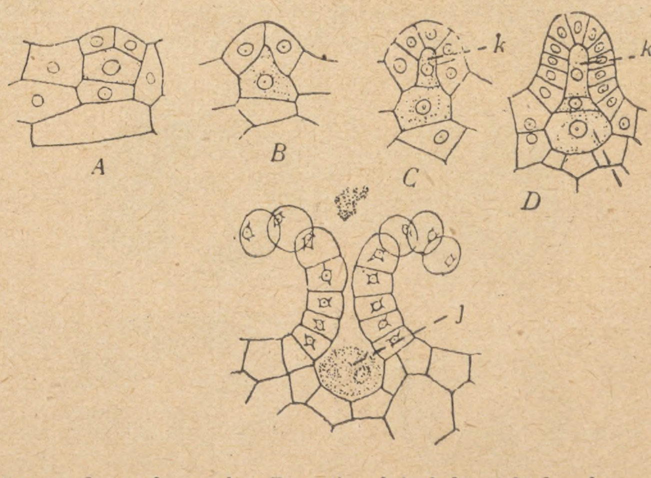
Ryc. 22. Skrętnica *(Spirogyra)*. Podział jądra w zygocie. — Według T r ö n d l e

chome. Gamety żeńskie noszą wtedy nazwę j a j, męskie — nazwę p l e m n i k ó w. Można to widzieć w przedroślach paproci. Na dolnej stronie tych blaszkowatych roślin tworzą się narządy rozmnażania płciowego żeńskie, zwane r o d n i a m i (ryc. 24) i męskie, zwane p l e m-



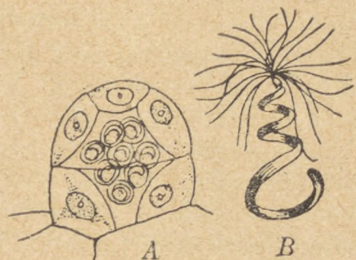

Ryc. 23. Brunatnica *Cutleria multifida*. — *A* Gamety żeńskie otoczone rojem gamet męskich. — *B* To samo silniej powiększone. — *C* Zapłodnienie. — Według K u c k u c k a i Y a m a n o u c h i

n i a m i (ryc. 25). Rodnia jest kształtu karafki z dolną rozszerzoną częścią zagłębioną w tkance przedrośla i wystającą szyjką. W dolnej zagłębionej części rodni mieści się stosunkowo duże jajo, w szyjce




Ryc. 24. Paproć *Osmunda regalis*. Rozwój rodni: *k* komórki kanałowe, *j* komórka jajowa. — Według S a d e b e c k a

zaś znajdują się dwie komórki kanałowe, nazwane tak dlatego, że rozpływają się w galaretę przy dojrzewaniu rodni tworząc kanał, który otwiera się na szczycie. Przez ten to kanał wchodzą plemniki, które wytworzyły się w plemni, w woreczku kształtu półkulistego. Plemniki mają w tym przypadku bardzo dziwny kształt: są to pałeczki, złożone z chromatyny, spiralnie skręcone i zaopatrzone na jednym końcu w pęk rzęsek, dzięki którym poruszają się w wodzie i w ten sposób dostają się do rodni.



Ryc. 25. Paproć *Gymnogramme sulfurea*. — *A*. Plemnia. — *B* Plemnik. — Według Sadebecka

Przy rozmnażaniu płciowym, jak już o tym była mowa, potomstwo nie jest podobne do roślin rodzicielskich z powodu zmiany garnituru chromozomów z pojedynczego na podwójny. Bardzo wyraźnie występuje to u paproci (ryc. 20). U roślin natomiast nasiennych, z którymi najczęściej ma się do czynienia, rzecz ma się inaczej; są to bowiem rośliny diploidalne, u których tworzenie się gamet jest poprzedzone podziałem redukcyjnym. U nich jednak również potomstwo może się różnić od rodziców, a mianowicie w dwóch przypadkach. Pierwszy zachodzi wtedy, gdy gamety pochodzą od różnych roślin. Tworzą się wówczas m i e s z a ń c e, które albo są podobne do jednego z rodziców, albo mają cechy pośrednie. Drugi przypadek zachodzi przy rozmnażaniu mieszańców. Potomstwo ich nawet wtedy, kiedy gamety pochodzą z tej samej rośliny, a więc przy samozapyleniu, nie jest jednolite i tylko część jego jest podobna do rośliny rodzicielskiej. Będzie to wyjaśnione dokładnie w rozdziale poświęconym zjawiskom dziedziczności.

POKAZY. Warto jest zobaczyć tworzenie się zygot u skrętnicy, przynajmniej na trwałym preparacie. Dla demonstracji żywych roślin trzeba założyć kulturę, co niestety nie jest łatwe. Przede wszystkim skrętnice nie wszędzie są częste — następnie, skoro się je zbierze (z wodą naturalnie), trudno jest utrzymać je przy życiu. W tym celu należy je umieścić w dużej szalce z warstwą mułu wziętego z podłoża, jakie roślina miała w przyrodzie. Wody można użyć deszczowej lub wodociągowej. Kulturę należy trzymać w chłodnym pokoju, przy północnym oknie, umieściwszy w niej także kilka pędów elodei. Rośliny można pobudzić do zapłodnienia, umieszczając je w 2,2—4% roztworze cukru trzcinowego i wystawiając na słońce. Najłatwiej udaje się to w czasie od połowy lutego do początków maja.

10. RODOZMIAN. Widzieliśmy w poprzednim ustępie, że przy rozmnażaniu bezpłciowym potomstwo nie jest podobne do rodziców. To samo dzieje się przy rozmnażaniu płciowym, o ile nie ma podziału redukcyjnego przed zapłodnieniem, jak u nasiennych, albo po zapłodnieniu, jak u sprężnic. Śledząc rozwój rośliny rozmnażającej się tymi dwoma

sposobami, stwierdzimy, że następujące po sobie pokolenia nie będą do siebie podobne, natomiast pokolenie trzecie będzie podobne do pierwszego. Jeżeli więc oznaczymy pokolenia kolejnymi liczbami, to liczby parzyste będą odpowiadały jednej formie, a nieparzyste drugiej. Roślina będzie przechodziła przez dwie formy, będące względem siebie w stosunku genetycznym, co oznacza, że z pierwszej z nich będzie tworzyła się druga, z drugiej zaś — pierwsza. Tego rodzaju cykl rozwojowy nosi nazwę zmiany pokoleń albo rodozmianu.

Najwyraźniej widoczny jest rodozmian u paproci. Jak już widzieliśmy poprzednio, paproć występuje w dwóch formach: w formie dużej stosunkowo rośliny z pierzastymi liśćmi oraz w formie drobnego blaszkowanego przedrośla (ryc. 20). Pierwsza z nich składa się z komórek diploidalnych i wytwarza w drodze rozmnażania haploidalnego drugą, która jest haploidalna i wytwarza pierwszą w drodze rozmnażania płciowego. Zmiana w garniturze chromozomów, która następuje tu z pokolenia w pokolenie, daje się stwierdzić u większości roślin mających rodozmian. Bywa też inaczej: np. u grzybów spotykamy się z rodozmianem, przy którym wszystkie jądra będą haploidalne, z wyjątkiem jądra zygoty. Wiele roślin nie wykazuje rodozmianu. Mieliśmy już przykład tego u sprężnic. Na pozór nie ma go także u nasiennych. Przy bliższym jednak rozpatrzeniu rozmnażania tych ostatnich dostrzegamy rodozmian. W każdym razie jest on bardzo niewyraźny. Bliższe wyjaśnienia znajdzie czytelnik w części szczegółowej.

## ROZDZIAŁ III

# SYSTEMATYKA ROŚLIN

11. POJĘCIE GATUNKU. Nie ma dwóch roślin zupełnie do siebie podobnych. Jeżeli nie w czym innym, to bodaj w wymiarach lub w wadze, jeżeli nie całej rośliny, to przynajmniej poszczególnych jej części, można zawsze stwierdzić małe choćby różnice. Zjawisko to nosi nazwę zmienności. Mimo to można łączyć poszczególne rośliny w grupy o ściśle określonym charakterze, w tzw. gatunki.

Rozróżnia się gatunki elementarne i zbiorowe. Główną właciwością gatunku elementarnego jest jego zdolność utrzymywania się w typie. To znaczy, że potomstwo osobników, należących do tego samego gatunku elementarnego, jest do nich podobne i wykazuje taką samą zmienność. Zmienność taka polega na tym, że w cechach potomstwa występują najczęściej różnice ilościowe, a nie jakościowe, np. zmienia się średnia waga nasion, wielkość liści itp. Typ rośliny zostaje jednak niezmieniony.

Osobniki tego samego gatunku elementarnego wykazują zmienność ciągłą, to znaczy taką, przy której dla każdych dwóch osobników można dobrać trzeci o cechach pośrednich. Jeżeli natomiast dwa osobniki należą do różnych gatunków elementarnych, to może być różnie: w jednych przypadkach można znaleźć osobniki o cechach pośrednich, w innych zaś nie da się. Inaczej mówiąc gatunki elementarne mogą być połączone przejściowymi formami, ale mogą być także wyraźnie rozgraniczone.

Podobne do siebie gatunki elementarne łączy się w gatunki zbiorowe, zwane po prostu gatunkami. Spotyka się nieraz gatunki elementarne tak odmienne od innych, że mogą być traktowane na równi z gatunkami



Ryc. 26. Owoce diploidalnej (na prawo) i tetraploidalnej (na lewo) formy pomidora *(Solanum Lycopersicum)*

zbiorowymi. Gatunki elementarne, ujmowane razem jako gatunki zbiorowe, nazywane są różnie: poza przytoczoną powyżej nazwą czystych linii, mówi się o podgatunkach, odmianach, rasach itp.

Gatunki elementarne utrzymują się w typie dzięki wieloletniemu działaniu doboru naturalnego i przystosowania się roślin do środowiska. Zazwyczaj zostają zachowane w typie gatunku prawie wszystkie cechy.

W systematyce, przy podziale świata roślinnego na gatunki dużą rolę odgrywa ilość chromozomów. Osobniki należące do jednego gatunku posiadają najczęściej jednakową ich ilość. Najmniejsza ich liczba w komórkach haploidalnych wynosi 3: tak jest m. in. u lilii (zob. ryc. 12). Żyto ma chromozomów 6, burak — 9, kukurydza — 10, pomidor — 12, len — 15, ziemniak — 24, jabłoń — 17 itd. Ilości te oznacza się literą *n*. Komórki diploidalne, których w roślinach jest o wiele więcej, mają oczywiście dwa razy tyle chromozomów *(2n)*.

W związku z tym wśród gatunków elementarnych na szczególną uwagę zasługują a u t o p o l i p l o i d y. Mają one dwa razy tyle chromozomów, co forma typowa rośliny, czasem nawet trzy, cztery i pięć razy więcej, niż ona. Dla bliższego określenia tych różnic pożyteczne jest wprowadzenie terminu g e n o m, pod którym rozumie się zespół chromozomów występujących razem. U typowej formy gatunku komórki haploidalne (gamety) zawierają jeden genom, komórki zaś diploidalne (wegetatywne) — dwa takie jednakowe genomy. Dlatego też forma typowa nazywana jest d i p l o i d e m. Autopoliploidy zawierają większą ilość, zawsze jednak jednakowych genomów. Dowodzi tego ich powstawanie z diploidów. Dalej będziemy mieli a u t o t e t r a p l o i d y z czterema genomami w komórkach wegetatywnych, dwoma — w gametach. A u t o h e k s a p l o i d y będą miały sześć genomów w jednych, trzy w drugich itd.

Autopoliploidy są bardzo podobne do diploidów, są tylko zwykle większe we wszystkich lub w niektórych częściach, jak to można widzieć na przykładzie tetraploidalnych okazów pomidora (ryc. 26). Nieraz są one z wyglądu zupełnie podobne do diploidów. Mogą się wtedy różnić własnościami fizjologicznymi, np. mogą być bardziej odporne na działanie mrozu. Niektóre gatunki wykazują wielką ilość autopoliploidów, np. pospolita na pastwiskach trawa kostrzewa owcza *(Festuca ovina)* (ryc. 123a) ma odmiany o 14, 28, 42 i 70 chromozomach w komórkach diploidalnych. Będziemy tu mieli zatem poza normalnym diploidem — autotetraploid, autoheksaploid i autodekaploid.

Omawiane powyżej formy roślin miały parzystą ilość genomów w swoich komórkach wegetatywnych. Otóż zdarzają się także rośliny o nieparzystej ilości genomów w takich komórkach, a więc a u t o t r i p l o i d y z 3, a u t o p e n t a p l o i d y z 5 i nawet haploidy z pojedynczym genomem. Na przykład u pomidora jest znana forma tryploidalna, u czarnej psianki *(Solanum nigrum)* haploidalna. Takie rośliny nie dają potomstwa i nie mogą być przeto uważane za odrębne gatunki.

Wyróżnienie gatunków elementarnych jest trudne i daje się przeprowadzić z pewnością tylko przez kultywowanie potomstwa każdej rośliny z osobna. Jest to tzw. s e l e k c j a j e d n o s t k o w a. Nie zawsze to jest możliwe, bo wiele roślin daje potomstwo tylko wtedy, jeżeli w rozmnażaniu bierze udział inna jeszcze roślina. U roślin nasiennych ujawnia się to w tym, że kwiaty zapylone własnym pyłkiem nieraz nie dają na-

sion. W takich przypadkach trzeba brać co najmniej dwa okazy — będzie to selekcja masowa. Takie okazy mogą należeć do różnych gatunków elementarnych i potomstwo będzie miało charakter mieszańców. Dopiero selekcja, przeprowadzona przez szereg pokoleń, może w tym przypadku doprowadzić do wyosobnienia gatunków elementarnych. Zresztą trzeba mieć na uwadze, że gatunki zbiorowe nie są prostą mieszaniną gatunków elementarnych, lecz są złożone w pewnej przynajmniej części z mieszańców między nimi.

Istnienie gatunków elementarnych jest bardzo ważne dla praktyki, gdyż mają one nieraz pożyteczne właściwości, np. większą wytrzymałość na mróz, dużą plenność itp. Wyosobnianie ich przez selekcję nazywa się hodowlą roślin.

12. POJĘCIE RODZAJU I PODWÓJNEJ NOMENKLATURY. Gatunki są bardzo liczne i rozmaite, np. rośliny nasienne liczą co najmniej 160 tysięcy gatunków, grzyby około 50 tysięcy itd. Dla uporządkowania grupuje się więc gatunki według podobieństwa. Dział botaniki, który się tym zajmuje, nosi nazwę systematyki albo morfologii szczegółowej.

Grupuje się gatunki według podobieństwa przede wszystkim w rodzaje. Na przykład różne pszenice stanowią jeden rodzaj, zwany po łacinie *Triticum*. Tak samo pomidor i ziemniak są zaliczane do jednego z rodzajów, zwanego po polsku psianką, po łacinie *Solanum*. Do tego rodzaju należy wiele innych gatunków, ogółem około 1400. Z roślin krajowych warto wymienić psiankę czarną *(Solanum nigrum)*, powszechnie znany uprzykrzony chwast.

Grupowanie gatunków w rodzaje, dokonywane według podobieństwa, ma także podstawy biologiczne. Można tu wskazać na dwa ciekawe fakty. Na przykład, w wielu rodzajach wszystkie gatunki mają tę samą ilość chromozomów, np. u porzeczek haploidalna ilość $n = 8$, u fasoli zawsze $n = 11$. Oczywiście chromozomy w różnych gatunkach mają inną naturę. Często występuje zjawisko inne, mianowicie ilość chromozomów jest różna, ale stanowi zawsze wielokrotną pewnej charakterystycznej dla danego rodzaju liczby. I tak u pszenicy mamy $n = 7, 14, 21$; w rodzaju *Solanum* $n = 12, 24, 36$, u złocieni *(Chrysanthemum)* 9, 18, 27, 36, 45 itd. Są to zjawiska, przypominające występowanie autopoliploidów w obrębie gatunków. Widoczne jest, że garnitury chromozomów składają się z różnej ilości genomów i jednakowej ilości chromozomów. Trzeba jednak przyjąć, że genomy są tu różne. Na przykład ziemniak ma w gametach, tak samo jak tetraploidalny pomidor, dwa genomy po 12 chromozomów. Muszą one być jednak różne, gdyż ziemniak silnie różni się od pomidora, podczas gdy formy pomidora diploidalna i tetraploidalna są do siebie podobne. Jednak różnorodność gatunków nie powstała na skutek różnic między genomami, ale dzięki niejednakowej zdolności reagowania organizmu na warunki środowiska zewnętrznego.

Różnice między genomami nie stanowią tylko jedną z cech, według których organizmy te zaliczamy do różnych gatunków. W jednym tylko przypadku udało się stwierdzić wyraźną różnicę, a mianowicie u kasztanowca *Aesculus carnea*. Gamety mają tu dwa genomy po 20, które różnią się wielkością chromozomów. Ten przypadek jest szczególnie ciekawy przez to, że wspomniany gatunek kasztanowca został otrzymany przez skrzyżowanie dwóch gatunków, które mają po jednym z tych jego dwóch genomów. Są to gatunki: europejski *A. Hippocastanum*, pospolicie u nas sadzony, o chromozomach małych i amerykański gatunek *A. Pavia* z dużymi chromozomami.

Skutkiem występowania różnej ilości genomów w gatunkach tego samego rodzaju można tu mówić o poliploidach osobliwego rodzaju, którym dla odróżnienia od poprzednio omawianych nadaje się nazwę allopoliploidów. W ten sposób ziemniak będzie allotetraploidem, czarna psianka alloheksaploidem itd.

Rodzaje odznaczają się jeszcze tym, że należące do nich gatunki dają zazwyczaj płodne mieszańce. Natomiast gatunki różnych rodzajów nie dają się skrzyżować albo dają mieszańce bezpłodne. Aby takie mieszańce były płodne, należy zastosować specjalne zabiegi.

Wielka liczba i rozmaitość gatunków wymaga nadawania im ściśle określonych nazw. Obecnie jest w powszechnym użyciu wprowadzona w r. 1753 przez szwedzkiego botanika Linneusza podwójna nomenklatura w języku łacińskim, oparta na zgrupowaniu gatunków w rodzaje. Każdy radzaj otrzymuje osobną nazwę. Gatunek ma nazwę złożoną z dwóch wyrazów: pierwszym jest nazwa rodzaju, do którego gatunek należy, drugi jest przywiązany do niego samego. I tak pomidor otrzymał nazwę *Solanum Lycopersicum*, należące do tego samego rodzaju ziemniak i czarna psianka — *S. tuberosum* i *S. nigrum*. Używa się przy tym nazwy najstarszej.

Często do tych nazw dodaje się zazwyczaj w skrócie nazwisko autora, który daną roślinę opisał pod daną nazwą. Na przykład do nazw przytoczonych powyżej trzech gatunków rodzaju *Solanum* dodaje się symbol L., będący skrótem nazwiska Linneusza. Ma to duże znaczenie, jeżeli dana nazwa była zastosowana przez różnych autorów w stosunku do różnych gatunków, co się czasem zdarza. W szczególnie trudnych przypadkach dodaje się jeszcze cytat z publikacji, w której dana nazwa była użyta po raz pierwszy w tym właśnie znaczeniu. Na przykład pomidor będzie się nazywał „*Solanum Lycopersicum* L. Species plantarum — Wydanie pierwsze (1753) str. 185." Właśnie w tym wypadku ta sama nazwa została zastosowana później od Linneusza przez hiszpańskiego botanika Blanco do innej rosnącej na Filipinach rośliny.

Gatunki elementarne, o ile są wyróżnione, otrzymują nieraz również nazwy podwójne według ogólnego wzoru. Częściej jednak traktuje się

je jako podgatunki lub odmiany, czy rasy i nadaje się im nazwę gatunku zbiorowego z dodaniem jeszcze jednego wyrazu, poprzedzonego terminem: *subspecies, varietas* itp.

13. GRUPY SYSTEMATYCZNE WYŻSZEGO STOPNIA. Rodzaje są mniej liczne niż gatunki. Jest ich jeszcze dosyć dużo, np. nasienne liczą około 12 tysięcy rodzajów. Porządkuje się je wobec tego według podobieństwa i łączy w grupy wyższego rzędu, w r o d z i n y. Takie ugrupowania są jeszcze mniej ścisłe od rodzajów. Jednak liczba form przejściowych między różnymi rodzinami nie jest duża i podział na rodziny nie jest bynajmniej czymś dowolnym. Jako przykład rodziny wyraźnie odgraniczonej można przytoczyć rodzinę traw *(Gramineae)*, do których należą zboża i trawy właściwe [tzw. słodkie; trawy kwaśne bowiem, których właściwa nazwa jest „turzyce", należą do innej rodziny: ciborowatych *(Cyperaceae)*]. W tym wypadku nie ma żadnych form przejściowych do innych rodzin.

W podobny sposób rodziny łączy się w r z ę d y, rzędy w g r o m a d y, gromady — w t y p y. Robi się to zawsze według podobieństwa uwzględniając wszelkie cechy: kształt i budowę, sposób rozmnażania, cykl rozwojowy. Ilość takich grup będzie tym mniejsza, im więcej form roślinnych one obejmują. Zawsze przy tym będzie się napotykało na formy przejściowe ale nieliczne. Dla wszystkich tych grup, podobnie jak dla rodzajów, istnieją międzynarodowe nazwy łacińskie.

Grupami najwyższego rzędu będą typy, których jest tylko dziesięć. O niektórych z nich była już mowa mimochodem w poprzednich ustępach, np. o grzybach, glonach, nasiennych. Będą one omówione w następnym rozdziale.

## ROZDZIAŁ IV

# PRZEGLĄD ŚWIATA ROŚLINNEGO

14. TYPY ŚWIATA ROŚLINNEGO. Jak już o tym była mowa, typów tych jest dziesięć. Cztery z nich obejmują rośliny jednokomórkowe. Są to w i c i o w c e *(Flagellata)*, ś l u z o w c e *(Myxomycetes)*, r o z p r ą t k i *(Schizophyta)* i s i e m i e n i o w c e *(Zygophyta)*. Komórki tych roślin żyją nieraz razem w luźnych skupieniach, tzw. k o l o n i a c h (ryc. 27). Kolonie czasem robią wrażenie wielokomórkowych roślin. Tak jest na przykład u skrętnicy (ryc. 21), u której komórki są połączone w nić, ale ta nić nieraz dzieli się na części lub rozsypuje na poszczególne komórki, czego nigdy nie bywa u roślin wielokomórkowych.

Rośliny jednokomórkowe rozmnażają się głównie przez podział, czego nie spotykamy u roślin wielokomórkowych. U wielu form zresztą stwierdzono także rozmnażanie płciowe, u śluzowców zaś także bezpłciowe.

Rośliny wielokomórkowe są dwojakiego rodzaju: plechowce i osiowce. Do plechowców należą trzy typy: glony *(Algae)*, grzyby *(Mycetes)* i porosty *(Lichenes)*. Kształt ich jest nieustalony, bardzo różny u różnych form: nitkowaty, blaszkowaty, kulisty, jednolity lub rozgałęziony w różny sposób itd. Tkanki, o ile nie wykształcają się, są przeważnie strzępkowe.

Osiowce obejmują również trzy typy: mszaki *(Bryophyta)*, paprotniki *(Pteridophyta)* i nasienne *(Spermatophyta)*. Kształt ciała jest tu wprawdzie różny, o tyle jednak ustalony, że roślina ma osiową część walcowatą, zwaną łodygą i osadzone na tej osi, zwykle mniejsze od niej, blaszkowate liście. Oprócz tego dwa ostatnie typy mają jeszcze korzenie, które roślinę umocowują do podłoża i pobierają z niego wodę. Tkanki u osiowców są prawdziwe.

W dalszych ustępach tego rozdziału rozpatrzymy pokrótce wymienione powyżej typy roślin.

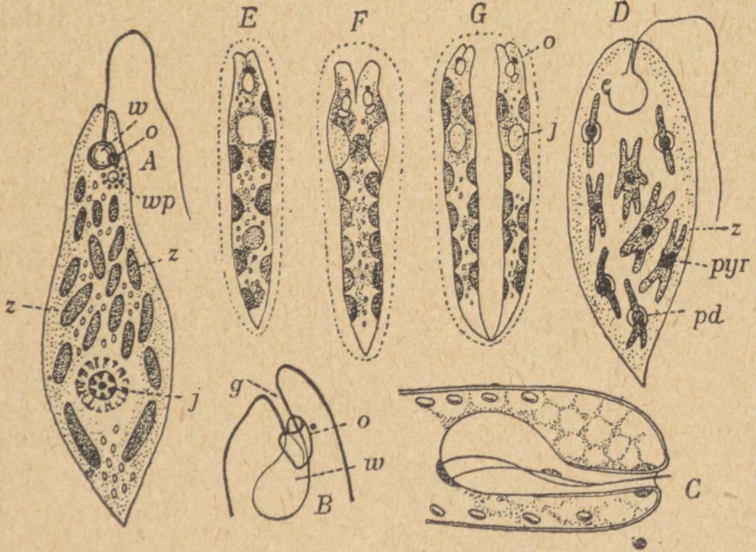
15. WICIOWCE *(Flagellata)*. Są to wodne jednokomórkowe stworzenia, należące częściowo do świata zwierzęcego, częściowo do roślinnego. Mianowicie jedne z nich mają ciałka zieleni i żywią się w sposób typowo roślinny, produkując substancje organiczne z dwutlenku węgla i wody, czyli są, jak to się mówi, samożywne. Inne znowu są pozbawione ciałek zieleni i potrzebują gotowych substancji organicznych, jak zwierzęta — są cudzożywne. Formy barwne spożywają zresztą także substancje organiczne, ale mogą bez nich się obejść. Jedne i drugie mają tę cechę charakterystyczną, że poruszają się samorzutnie w wodzie za pomocą kurczliwych cienkich wyrostków protoplazmy — wici, od których pochodzi ich nazwa. Nawiasem mówiąc, wyrostki te, z którymi spotykamy się także u innych roślin, nazywane są rzęskami, o ile są drobne i występują w większej ilości. Ciałka zieleni przeważnie nie są zielone, lecz żółte lub brunatne, a to skutkiem obecności w nich dodatkowych barwików.




Ryc. 27. *Dinobryon sertularia*. — *A* Pojedyncza monada. — *B* i *C* Jej podział i powstawanie kolonii. — *D* Kolonia. — Według Klebsa i Senna

Komórki wiciowców nie zawsze mają błonę, która zresztą przeważnie składa się z substancji odmiennych od celulozy. Łączą się one często w różny sposób tworząc kolonie (ryc. 27), które łatwo rozpadają się.

Liczne wiciowce mogą spożywać nie tylko pokarmy płynne, ale i stałe. Takie pokarmy są wciągane do protoplazmy i tam przetrawiane, po czym niestrawne resztki są wyrzucane na zewnątrz. Dzieje się to naturalnie przede wszystkim u wiciowców nieobłonionych. Ale nawet niektóre formy obłonione, np. euglen y (ryc. 28), mogą przyjmować pokarmy stałe przez specjalny kanał rozszerzający się w tzw. gardziel. Zasługują dalej na uwagę bardzo ciekawe wodniczki tętniące (ryc. 28, *wp*), występujące u wiciowców nieomal stale. Różnią się one od




Ryc. 28. *Euglena viridis: j* — jądro, *z* — ciałka zieleni, *w* — rozszerzony spód gardzieli, *wp* — wodniczek tętniący, *pd* — paramylon, *o* — plamka oczna. Według Dofleina

wodniczków zwykłych tym, że kurczą się rytmicznie, wyrzucając zawartość na zewnątrz bezpośrednio albo przez gardziel. Mogą one być złożone, jak to jest u euglen, gdzie wodniczek taki jest otoczony wieńcem mniejszych wodniczków tętniących. Te ostatnie przelewają swoją zawartość do wodniczka centralnego. Wodniczki tętniące wydalają z ciała wiciowców niepotrzebne i szkodliwe substancje spełniając zatem rolę nerek. Jeszcze jeden szczegół urządzenia komórek wiciowców warto podać: mają one zwykle w przedniej części ciała plamkę oczną (ryc. 28*o*) — czerwone ciałko, które prawdopodobnie jest wrażliwe na działanie światła.

Wiciowce rozmnażają się prawie wyłącznie przez podział (ryc. 16 i 17). Rozmnażanie płciowe jest bardzo rzadkie i mało znane. Stanowią one poważną część planktonu roślinnego. Tak się nazywa ogół drobnych roślin i zwierząt, pływających swobodnie w wodzie, w przeciwieństwie do bentosu, obejmującego rośliny i zwierzęta osiadłe na dnie zbior-

ników wodnych. Największą rolę spośród wiciowców odgrywają b r u z d n i c e *(Peridineae)* odznaczające się poprzeczną bruzdą i misterną błoną, złożoną z celulozy (ryc. 16). Poza tym występują masowo okrzemki i sinice, o których będzie mowa poniżej.

POKAZY. Wiciowce wyławia się z wody za pomocą siatki planktonowej. Najłatwiej jest zebrać eugleny, które masowo spotyka się w zanieczyszczonych wodach (rowach odpływowych itp.). Kultury są bardzo trudne.

16. ŚLUZOWCE *(Myxomycetes)*. Są to dziwne stworzenia, należące właściwie do świata zwierzęcego, gdyż są pozbawione błony i ciałek



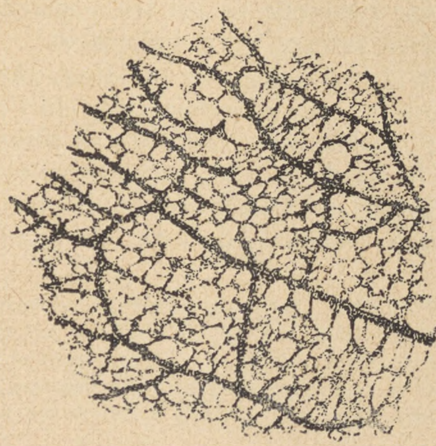

Ryc. 29. Rozwój śluzowców. — *A* Kiełkowanie zarodników. — *B* Monady. — *C* Ameba. — *D* Haploidalna ameba z zabarwionymi chromozomami w jądrze. — *E* Jądra diploidalnych ameb z zabarwionymi chromozomami. — *F* Tworzenie się śluźni z ameb. Według L i s t e r a, J a h n a i C i e n k o w s k i e g o

zieleni. Podobieństwo do roślin ogranicza się tylko do tego, że występuje u nich rozmnażanie bezpłciowe przy pomocy zarodników, przypominające rozmnażanie grzybów.

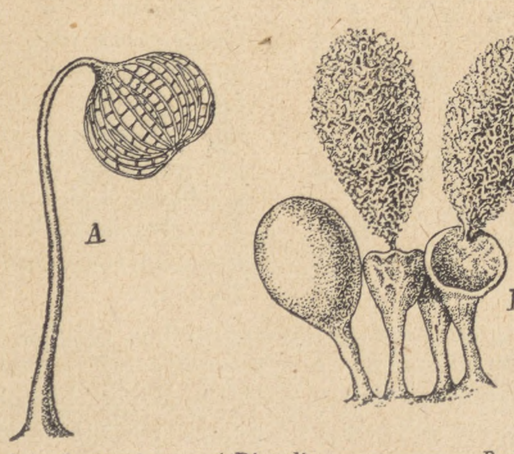
Cykl rozwojowy tych organizmów jest zawiły i wykazuje rodozmian. Z zarodników, o ile one wpadną do wody, powstają nagie komórki z wicią, podobne zupełnie do zwierzęcych wiciowców (ryc. 29). Takie pływki po pewnym czasie tracą wić i przemieniają się w a m e b y,

które nie pływają, lecz pełzają po podłożu zmieniając nieustannie swój kształt. Ameby te rozmnażają się przez podział i po pewnym czasie łączą się po dwie protoplazmami i jądrami, tworząc inne ameby z jądrami diploidalnymi. Zachodzi tu zapłodnienie.

Diploidalne ameby po pewnym czasie schodzą się w jednym miejscu i sklejają się albo nawet łączą się protoplazmami, tworząc galaretowate śliskie masy, zwane ś l u ź n i ą (ryc. 29*F*). Śluźnie mają różne rozmiary: od mikroskopowo małych do dużych, mogących przekroczyć metr kwadratowy podłoża. Ten ostatni przypadek zachodzi u *Fuliego septica*, o czym już była mowa w ust. 2 przy omawianiu składu chemicznego protoplazmy. Śluźnie pełzają po podłożu, przybierając zwykle formę siatki (ryc. 30) i chowają się w miejscach wilgotnych i ciemnych, np. w gnijącym drewnie, wśród ściółki leśnej itp. Żyją one kosztem bakterii i butwiejących resztek roślinnych, które są wciągane do protoplazmy i tam przetrawiane. Śluźnie są pewnego rodzaju koloniami.



Ryc. 30. Siatkowata śluźnia śluzowca. — Według L i s t e r a




Ryc. 31. Zarodnie śluzowców. — *A Dictydium cernuum.* — *B Arcyria ferruginea.* Według S c h r o e t e r a i L i s t e r a

Wprawdzie połączenie ameb w nich może być na pozór zupełne, tak że tylko jądra pozostają odrębne, jednak związek między nimi jest do tego stopnia luźny, że śluźnię można rozciąć na części nie powodując żadnej szkody.

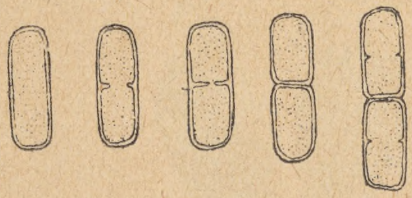
W pewnym stadium rozwojowym śluźnia wychodzi do miejsc suchych i oświetlonych, np. na pnie drzewne. Zamienia się ona wtedy w zarodnie, woreczki o różnym urządzeniu (ryc. 31) zawierające obłonione haploidalne komórki — zarodniki, od których zaczęliśmy omawianie. Oczywiście tworzenie się ich jest poprzedzone przez podział redukcyjny, bo śluźnia zawiera jądra diploidalne.

Widzimy zatem, że te jednokomórkowe organizmy, pomimo swojej prostoty, mają rodozmian: pływki i ameby haploidalne są u nich formą haploidalną, która rozmnaża się płciowo, ameby zaś diploidalne i śluźnia to forma diploidalna, która rozmnaża się bezpłciowo.

Systematyka śluzowców była po raz pierwszy opracowana przez polskiego botanika Józefa Rostafińskiego.

POKAZY. Cyklu rozwojowego w warunkach szkolnych pokazać nie można. Kulturę *Didymium difforme* można założyć przy pomocy zebranych późną jesienią pędów bobu. Trzeba je moczyć przez kilka godzin w wodzie i umieścić w szalce, przykrytej taflą szklaną, na kilku arkuszach dobrze zwilżonej bibuły. Po kilku dniach zjawiają się na bibule i pędach bobu owocowania.

17. ROZPRĄTKI *(Schizophyta)* charakteryzują się brakiem normalnego jądra — zamiast niego w protoplazmie widzi się pałeczki lub ziarenka chromatyny. Ponieważ ta substancja jest najważniejszą częścią jądra, można powiedzieć, że rozprątki mają jądro, lecz jest ono rozproszone w protoplazmie. Drugą cechą tych roślin jest rozmnażanie, które odbywa się wyłącznie przez podział. Podział ten odbywa się przez wytworzenie pośrodku komórki poprzecznej błony, która wzrasta stopniowo od powierzchni ku środkowi, a potem rozszczepia się na dwie (ryc. 32).



Ryc. 32. Schemat podziału komórek u rozprątków

Rozprątki dzielą się na dwie gromady silnie różniące się od siebie: bakterie *(Bacteria)* i sinice *(Cyanophyceae)*. Bakterie nie zawierają chlorofilu, jakkolwiek nieraz wytwarzają inne barwiki, nawet zielone. Sinice zawierają chlorofil. Ta różnica pociąga za sobą zasadnicze różnice w ich odżywianiu.

Bakterie są najdrobniejszymi i najbardziej rozpowszechnionymi roślinami. Komórki ich są poza małymi wyjątkami obłonione. Mają one kształt kulek o średnicy około 1 μ (koki) albo formę pałeczek o grubości tego samego wymiaru [laseczniki (ryc. 33)]. Występują głównie w glebie unikając jednak gleb kwaśnych. Spotyka się je także w wodzie, zwłaszcza zanieczyszczonej i w powietrzu: nawet na wysokości

kilku tysięcy metrów. Co prawda w powietrzu spotyka się przeważnie komórki martwe. Wreszcie gromadnie nieraz występują w organizmach głównie zwierzęcych i ludzkich bądź to współpracując z nimi (np. do-




Ryc. 53. Komórki bakterii właściwych według barwionych preparatów. — *A Streptococcus erysipelatos.* — *B Planococcus citreus.* — *C Bacillus tuberculosis* z preparatu plwocin. — *D* — *Pseudomonas macroselmis.* — *E P. syncyanea.* — *F Microspira comma.* — *G Spirillum rubrum* krótkie komórki. — *H* To samo, długa komórka. — Według M i g u l i

pomagają w procesie trawienia) — bądź to pasożytując i powodując choroby zakaźne. Szerokie swoje rozpowszechnienie zawdzięczają bakterie niezmiernie szybkiemu rozmnażaniu przez podział na nich. W sprzyjających warunkach podziały powtarzają się co pół godziny, co daje z jednej komórki już w ciągu jednej doby $2^{24}$ = 16 449 536 komórek, a więc ponad szesnaście milionów!

Komórki bakterii, jak już było podane, są albo kuliste, albo laseczkowate. Laseczki mogą być proste, zgięte albo spiralnie skręcone (ryc. 33*H*). Liczne bakterie mają rzęski, pojedyncze lub liczne, przy pomocy których poruszają się w środowisku płynnym. Komórki najczęściej żyją oddzielnie, rzadziej łączą się w kolonie prawie zawsze nitkowate (ryc. 33*A*).

Liczne bakterie przechodzą w swoim rozwoju stadia przetrwalnikowe tworząc zarodniki, zwane e n d o s p o r a m i. Powstają one pojedynczo w komórkach przez skurczenie się protoplazmy i wytworzenie na niej nowej mocnej błony. Zarodniki bakterii odznaczają się wielką wytrzymałością na działanie niekorzystnych warunków zewnętrznych, m. in. ogrzewanie ich we wrzącej wodzie nie zabija ich od razu, podczas gdy komórki bakterii giną. O ile endospory trafią do sprzyjających warunków, odtwarzają one normalne komórki. Stąd, chcąc zabić wszystkie istoty żywe w jakimś ciele, np. w mleku, trzeba ogrzewać przez dłuższy czas przy temperaturze 100° albo lepiej przy temperaturze nieco wyższej, inaczej zarodniki bakterii zachowują swoją żywotność. Nazywa się to w y j a ł a w i a n i e m albo s t e r y l i z a c j ą. Ten sam skutek można osiągnąć ogrzewając kilkakrotnie do temperatury 80°. Wtedy po pierwszym ogrzaniu czynne komórki zostaną zabite, endospory zaś zostaną i dadzą nowe komórki, te zostaną zabite przez następne ogrzanie, pozostałe ewentualnie endospory stworzą znowu komórki itp. W końcu nie pozostanie przy życiu żadna komórka. Taki sposób nosi nazwę p a s t e u r y z a c j i (od nazwiska wielkiego francuskiego mikrobiologa — L u d w i k a P a s t e u r a).

O ile bakterie mało różnią się swoim wyglądem, o tyle w sposobie życia wykazują ogromną rozmaitość. Początkowo myślano, że wszystkie są cudzożywne i żywią się kosztem martwych organizmów (roztocze) lub żywych (pasożyty). Sławny rosyjski bakteriolog, W i n o g r a d s k i, wykazał jednak, że niektóre z nich, m. in. bakterie nitrifikacyjne, przyswajają dwutlenek węgla mimo braku chlorofilu i to w ciemności. Nadto okazało się, że bakterie purpurowe przyswajają dwutlenek węgla na świetle, a barwik czerwony odgrywa w nich rolę chlorofilu. Pewna część bakterii nie znosi tlenu (anaeroby). Niektóre zużytkowują wolny azot powietrzny, czego nie czynią żadne inne rośliny itd. Dokładnie zjawiska te będą opisane w części fizjologicznej tej książki.

Mała rozmaitość kształtów utrudnia rozpoznawanie gatunków bakterii. Jeszcze bardziej utrudnia je zmienność kształtu komórek, stwierdzona u wielu bakterii. Zdarza się mianowicie, że bakteria występuje w formie laseczek, które w pewnym stadium rozwojowym zmieniają kształt na okrągły, potem zaś znów wyrastają laseczki. Między innymi obserwowano takie zmiany u bardzo ważnych dla produkcji roślinnej bakterii z rodzaju *Rhizobium*. Bakterie te przenikają z gleby do korzeni roślin motylkowych (łubinu, grochu) powodując przerosty tkanek w formie bulwek. Tam one rozmnażają się i wiążą wolny azot z powietrza wytwa-

rzając związki azotowe, służące jako pokarm dla bakterii i dla rośliny motylkowej. Dlatego rośliny motylkowe mogą dobrze rosnąć na jałowej, ubogiej w związki azotowe glebie.

Czynnikiem, powodującym niektóre choroby, np. wściekliznę u zwierząt, chorobę wirusową tytoniu — są zarazki niezwykle drobne, zwane wirusami. Do roku 1932 wirusów nie udało się wydzielić, nawet przy użyciu filtrów porcelanowych, zatrzymujących najdrobniejsze znane bakterie. Dopiero zawdzięczając zastosowaniu przez Elforda sączków z kolodium uzyskano wydzielenie wirusów.

Wirusy nie są widoczne w zwykłym, nawet najlepszym mikroskopie. Odkrycie jednak promieni elektronowych doprowadziło do skonstruowania mikroskopu elektronowego, przy pomocy którego otrzymano pierwszą fotografię laseczek wirusa mozaiki tytoniu.

Właściwie uzyskuje się fotografię nie wirusa, lecz cienia, jaki wirus rzuca w wiązce niewidzialnych elektronów.

Otrzymana fotografia pozwoliła obliczyć, iż długość laseczek wirusa mozaiki tytoniu wynosi 165 $\mu\mu$, a szerokość — 15 $\mu\mu$.

Zarazek wirusa mozaiki tytoniu zdołano otrzymać w formie kryształu (Stanley, 1935 r.). Kryształ ten, po rozpuszczeniu go, dawał swobodnie rozwijające się wirusy, zachowujące te same właściwości zakaźne (lecz w wzmożonym stopniu), co sok obcej rośliny użyty do krystalizacji.

SINICE *(Cyanophyceae)* mają znaczenie o wiele mniejsze od bakterii. Komórki ich zawierają w zewnętrznej warstwie protoplazmy chlorofil, a poza tym w różnej ilości dwa inne jeszcze barwiki — czerwony i niebieski. Barwa ich, wobec tego, nie jest czysto zielona, lecz sina, czasem prawie czerwona lub błękitna, zależnie od wzajemnego stosunku ilościowego tych barwików. Dzięki zawartości chlorofilu sinice są roślinami samożywnymi. Jednakże zużytkowują one chciwie substancje organiczne i przez to szczególnie obficie występują w wodach zanieczyszczonych, np. w rowach odpływowych. Poza tym wchodzą w skład planktonu i nieraz osiedlają się na wilgotnej glebie.

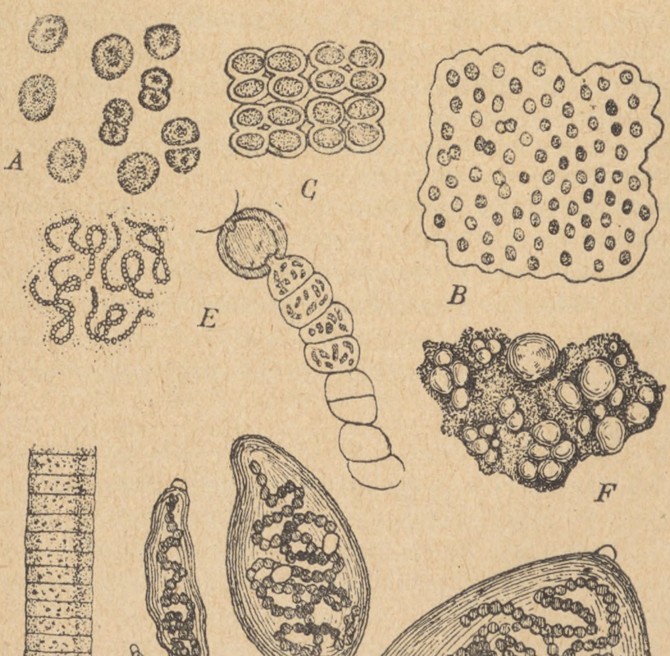
Komórki sinic przeważnie łączą się w nitkowate kolonie (ryc. 34). U niektórych gatunków spotyka się w takich koloniach, w różnych odstępach, specjalne bezbarwne komórki, tzw. h e t e r o c y s t y. Kiedy kolonia rozpada się na części, co się nieraz zdarza, podział odbywa się skutkiem rozpadu heterocyst. Liczne sinice tworzą komórki przetrwalnikowe, ale w inny sposób niż bakterie: nie wytwarza się tu nowa błona, lecz grubieje błona pierwotna: powstają tzw. a r t r o s p o r y.

Niektóre sinice w połączeniu z grzybami tworzą porosty (zob. ust. 21).

POKAZY. Do oglądania bakterii potrzeba silnych powiększeń. Dobrze widoczne są one tylko przy użyciu immersji. Jednak przy użyciu suchego obiektywu o powiększeniu 60 można poznać ich kształty. Najłatwiejsze do

pokazów są bakterie sianowe *(Bacillus subtilis)*. Bierze się trochę siana albo innych pędów, zagotowuje się je w wodzie i po ostygnięciu wlewa do szklanej szalki. Po paru dniach tworzy się na powierzchni galaretowaty kożuszek, w którym masowo występują bakterie, głównie sianowe w formie laseczek. Kawałki tego kożuszka kładzie się na szkiełko przedmiotowe.

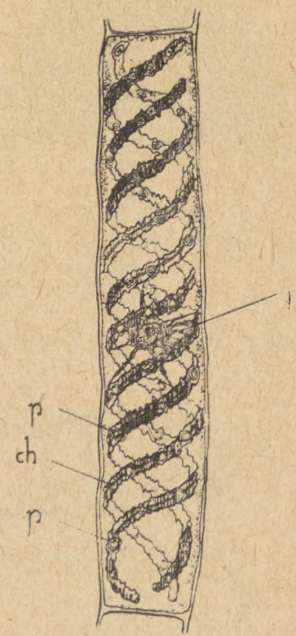
Zbieranie sinic nie przedstawia trudności: znajduje się je zwłaszcza w wodach zanieczyszczonych, także w wilgotnych miejscach na ziemi.




Ryc. 34. Sinice. — *A Synechocystis aquatilis.* — *B Aphanocapsa Castagnei.* — *C Merismopedia punctata.* — *D Oscillaria limosa.* — *E Anabaena.* — Kilka kolonii pływających w wodzie, osobno część kolonii silnie powiększona. — *F Nostoc sphaericum.* Kolonie w naturalnej wielkości. — *G* To samo w powiększeniu. Rozwój kolonii. — Według Sauvageau, Kirchnera, Gomonta i Thureta.

18. SIEMIENIOWCE *(Zygophyta)*. Są to jednokomórkowe wodne rośliny, opatrzone typowym jądrem i ciałkami zieleni. Najbardziej charakterystyczną ich cechą jest osobliwy sposób rozmnażania płciowego. Poznaliśmy już go na przykładzie skrętnicy (ryc. 21). Gamety są tu jednakowej wielkości, nie oddzielają się od roślin macierzystych i łączą się ze sobą skutkiem zbliżania się osobników tych roślin. Dzielą się one na dwie gromady: s p r z ę ż n i c e *(Conjugatae)* i o k r z e m k i *(Diatomeae)*, o bardzo różnych cechach.

Sprzężnice, do których należy poprzednio przytoczona skrętnica, są roślinami haploidalnymi. Ich ciałka zieleni mają barwę czysto zieloną, są duże i nieliczne, często w komórkach pojedyncze, o kształtach nieraz osobliwych, np. u skrętnicy w formie wstęgi spiralnie skręconej (ryc. 35). Mają one złożoną budowę wykazując osobliwe ciałka, tzw. p i r e n o i d y, naokoło których tworzą się ziarenka skrobi. Spotykamy się w tym przeglądzie świata roślinnego po raz pierwszy ze skrobią, która stanowi pierwszy bezpośrednio widoczny produkt przyswajania dwutlenku węgla, odbywającego się przy współudziale światła w ciałkach zieleni. W komórkach barwnych wiciowców i sinic można także zauważyć produkty przyswajania dwutlenku węgla, ale są to inne, bliżej nieznane substancje.

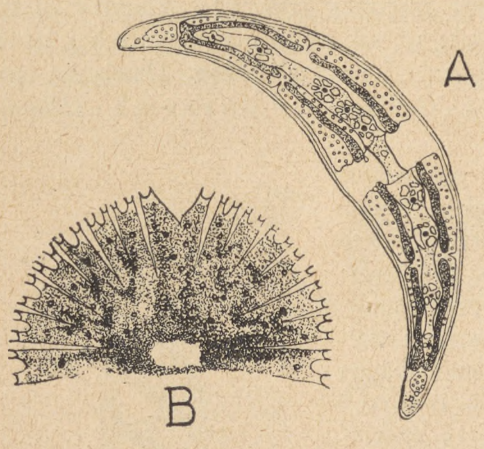



Ryc. 35. Komórka skrętnicy. *ch* — ciałko zieleni, *p* — pirenoidy, *f* — jądro, — Wg S t r a s b u r g e r a

Ze sprzężnic warto jeszcze przytoczyć d e s m i d i a (ryc. 36), osobliwą grupę sprzężnic, u których komórki są pojedyncze i kształtów bardzo osobliwych, zawsze symetrycznych.

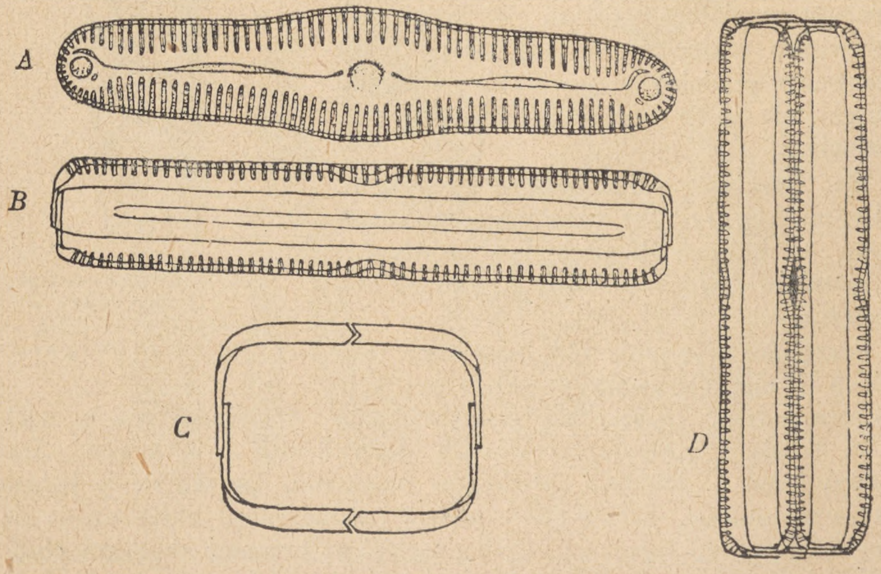
Sprzężnice występują tylko w wodach słodkich i nie odgrywają poważniejszej roli w przyrodzie. Inaczej jest z okrzemkami. Występują one w wielkich ilościach, zarówno w wodach słodkich jak i w morzu. Stanowią jeden z głównych składników planktonu, spotyka się je jednak także w bentosie. Barwą ciałek zieleni i urządzeniem błony różnią się one jaskrawo od sprzężnic. Ciałka zieleni są brunatne skutkiem obecności dodatkowego barwika. Błona komórkowa ich zawiera tak dużo krzemionki, że zachowuje dokładnie swój kształt po śmierci tych roślin i nawet po wyprażeniu w ogniu. Składa się ona z dwóch części zestawionych ruchomo (ryc. 37). Jedna z nich jest nieco większa

(w i e c z k o) i nasuwa się na drugą (d e n k o). Przy podziale, który jest, tak samo jak u innych roślin jednokomórkowych, głównym sposobem rozmnażania, jedna z komórek potomnych otrzymuje denko, druga zaś wieczko. Odziedziczona część błony odgrywa zawsze rolę wieczka i do niej dorabiane jest denko, odpowiednio mniejsze. Skutkiem tego jedna z komórek potomnych będzie tej samej wielkości co komórka macierzysta, druga zaś nieco mniejsza. W ten sposób podział prowadzi do wytwarzania coraz mniejszych komórek, do karlenia, czemu zapobiega w końcu rozmnażanie płciowe.




Ryc. 36. Desmidia. — *A Closterium moniliferum.* — *B — Micrasterium Rotha.* — Według P a l l a i K l e b s a

Komórki okrzemek mają kształt bardzo różny, często z piękną ornamentacją. Są one najczęściej silnie wydłużone równolegle do brzegów wieczka i denka. Tworzą nieraz kolonie łącząc się w wielkiej ilości




Ryc. 37. Okrzemka *Pinnularia viridis.* — *A* Widok komórki od strony denka. — *B* Widok z boku. — *C* Przekrój poprzeczny. — *D* Podział komórki widziany z boku. Wszystkie ryciny wykonane według wypalonych okazów. — Według P f i t z e r a i W e t t s t e i n a




Ryc. 37a. Okrzemki. — *A Cymbella lanceolata.* Osobnik widziany od strony denka. — *B Pleurosigma angulatum.* Tak samo. — *C* Osobnik widziany od strony denka i kolonia. — *D Vanheurckia Boeckii.* Osobniki na galaretowatych trzonkach. — *E Asterionella formosa.* Kolonia i poszczególny osobnik. — *F Schizonema helminthosum.* Kolonia w naturalnej wielkości oraz część jej przy silnym powiększeniu. — Według van Heurcka i W. Smitha

w galaretowatej masie albo wreszcie łączą się za pomocą galaretowatych laseczek itp. (ryc. 37*a*). Niektóre formy pełzają po podłożu wypuszczając część protoplazmy przez otwory w błonie.

Rozmnażanie płciowe odbywa się tak samo jak u sprzężnic, przez łączenie się nieruchomych gamet. Gamety te tworzą się w drodze podziału redukcyjnego, gdyż okrzemki są roślinami diploidalnymi.

POKAZY. Skrętnica wystarcza dla zaznajomienia się ze sprzężnicami i ich rozmnażaniem. Zdobycie materiału do poznania okrzemek nie jest trudne: wystarczy zebrać muł ze stawu lub potoku, albo zebrać plankton ze stawu za pomocą siatki planktonowej.

19. GLONY *(Algae)*. Nazwą tą obejmuje się nieraz wszelkie wodne rośliny o prostej organizacji, złożone z komórek zawierających chlorofil. Należałyby jednak do nich wtedy również liczne rośliny jednokomórkowe, a mianowicie barwne wiciowce, sinice i siemieniowce. W ten sposób łączyłoby się w jedną grupę rośliny zbyt różne. Właściwe glony są wielokomórkowe i nie rozmnażają się przez podział, poza nielicznymi wyjątkami.

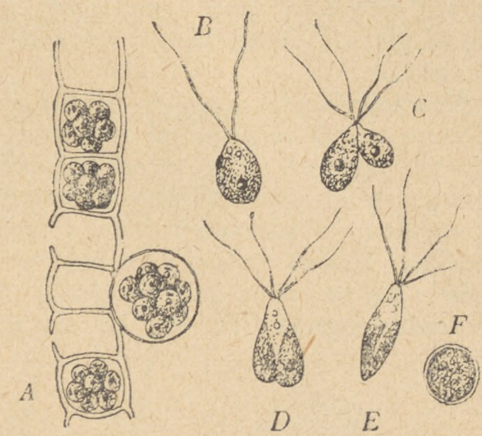
Nawet w takim węższym ujęciu grupa ta składa się z roślin bardzo rozmaitych. Pierwsze różnice występują w zabarwieniu: jedne są czysto zielone [gromada zielenic *(Chlorophyceae)*], inne brunatne [gromada brunatnic *(Phaeophyceae)*], inne jeszcze czerwone [gromada krasnorostów *(Rhodophyceae)*]. Różnice te pochodzą oczywiście od dodatkowych barwików w ciałkach zieleni brunatnic i krasnorostów. U tych ostatnich występują te same barwiki — czerwony i błękitny — co u sinic, tylko z przewagą czerwonego.

Rozmaity jest też kształt ciała glonów: nitkowaty (ryc. 14), blaszkowaty (ryc. 47) lub walcowaty. We wszystkich tych postaciach często występuje rozgałęzienie najrozmaitszego kształtu. Formy bryłowate są zwykle złożone z tkanki strzępkowej, czego przykładem może być przytoczony powyżej krasnorost *Furcellaria* (ryc. 15). Występują zresztą i tkanki prawdziwe.

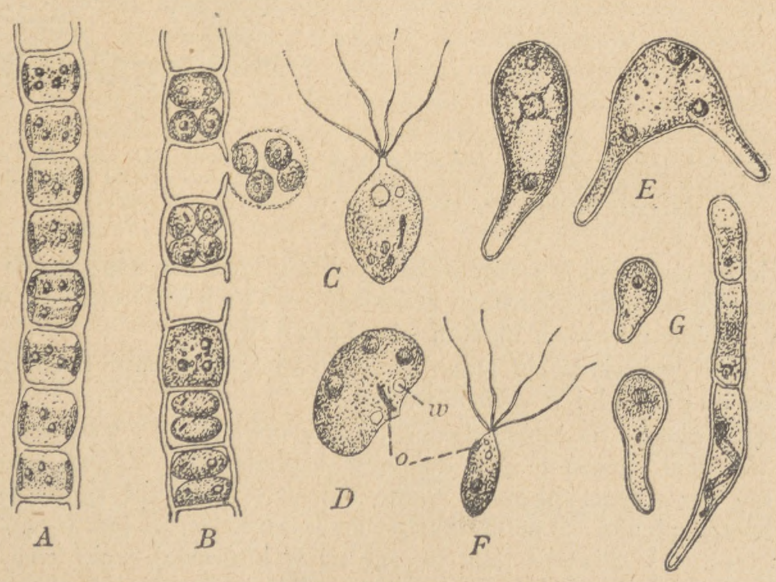
Bardzo różne jest także rozmnażanie: wegetatywne i płciowe. Charakterystyczną cechą glonów jest wytwarzanie przy rozmnażaniu pływek — nieobłonionych komórek, opatrzonych zwykle czerwoną plamką oczną, poruszających się samorzutnie w wodzie za pomocą wici. Takie pływki żywo przypominają swoim wyglądem wiciowce, od których glony niewątpliwie pochodzą. Jest to związane oczywiście z życiem w wodzie. Pływki odgrywają rolę zarodników i gamet a także służą do rozmnażania wegetatywnego.

Różny jest wreszcie cykl rozwojowy. Dosyć częste są to, zwłaszcza u zielenic, rośliny haploidalne, u których zygota podlega zaraz po wytworzeniu się podziałowi redukcyjnemu, tak jak to się dzieje u skrętnicy. Jako przykład może tu służyć zielony glon, wstężnica [*Ulothrix*

(ryc. 14*A*)]. Ciało tej rośliny ma postać nierozgałęzionej nici, która za młodu jest przytwierdzona do dna, a potem odrywa się i pływa swobodnie. Nazwa wstężnicy pochodzi stąd, że ciałko zieleni ma postać wstęgi, opasującej komórkę. Gamety (ryc. 38) są jednakowe i tworzą się przez podział zawartości niektórych komórek, nie różniących się od innych, w dosyć dużej ilości. Są one na przednim końcu nieco zwężone i opatrzone dwoma wiciami. Mamy tu izogamię. Poza tym wstężnica rozmnaża się jeszcze za pomocą bezpłciowych pływek, które tworzą się także przez podział zawartości komórek, ale w mniejszej ilości (ryc. 39). Mają one kształt podobny do gamet, ale są opatrzone czterema wiciami. Występują w dwóch formach: jedne są większe, inne mniejsze. Jedne i drugie spełniają to samo zadanie: z każdej z nich bez za-



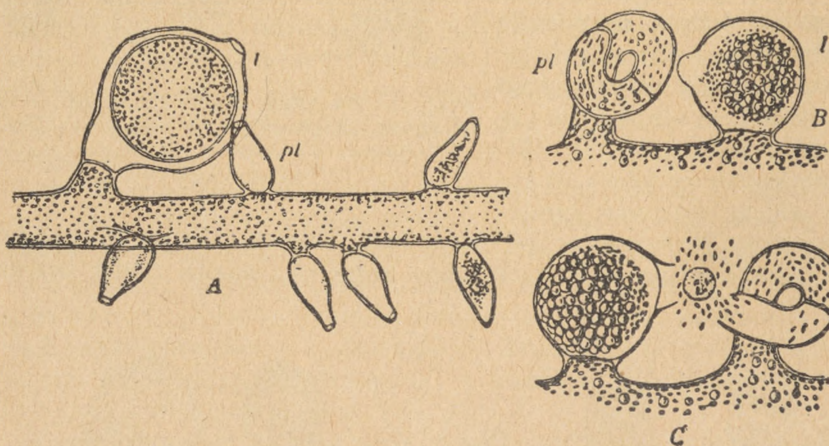

Ryc. 38. Wstężnica (*Ulothrix zonata*). — *A* Tworzenie się gamet. — *B* Gameta. — *C—E* Zespalanie się gamet. — *F*. Zygota. — Według Klebsa




Ryc. 39. Wstężnica. — *A* Wegetatywna nić. — *B* Tworzenie się pływek. — *C* Duża pływka. — *D* i *E* Kiełkowanie takiej pływki. — *F* Mała pływka. — *G* Jej kiełkowanie; *o* — plamka oczna, *w* — wodniczek tętniący. — Według Klebsa

płodnienia wyrasta nowa roślina. Jest to jak gdyby bezpłciowe rozmnażanie. Należy je jednak uważać za wegetatywne, bo te czterowiciowe pływki zawierają takie same jądra co roślina, która je wytworzyła. Forma pływek, występująca u wstężnicy, jest charakterystyczna dla ogółu zielenic.

Prawdopodobnie również haploidalna jest inna zielenica, zwana w o s z e r i ą (*Vaucheria* od nazwiska szwajcarskiego botanika V a u c h e r). Jest ona warta uwagi z dwóch względów. Przede wszystkim dlatego, że jej nitkowate ciało nie ma przegród i zawiera jednolitą masę protoplazmy z licznymi jądrami i ciałkami zieleni, co jest zjawiskiem rzadkim. Daleko częściej ciało glonów składa się z jednojądrowych komórek, jak to jest m. in. u wstężnicy. Rozmnażanie płciowe odbywa się w drodze oogamii (ryc. 40). Na nici tworzą się dwie wypukłości, które



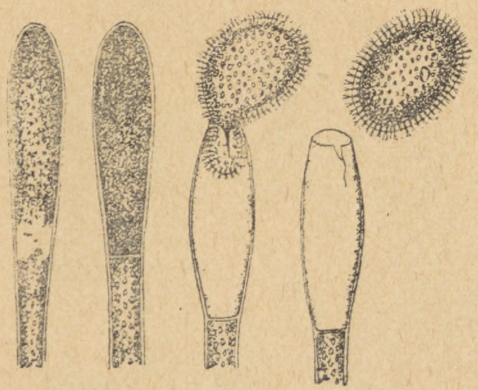

Ryc. 40. *A Vaucheria Thureti*. Nić z lęgnią *(l)* i plemniami *(pl)*. — *B Vaucheria sessilis*. Lęgnia i plemnia. — *C* Ten sam gatunek. Zapłodnienie, wśród plemników kulka nieużytej protoplazmy. — Według W o r o n i n a i S a c h s a

oddzielają się od niej przegrodami. Jedna z nich jest napęczniała i odgrywa rolę narządu płciowego żeńskiego — l ę g n i. Druga jest wydłużona i będzie narządem męskim — p l e m n i ą.

W lęgni wytwarza się jednojądrowe j a j o, w plemni liczne bardzo drobne p l e m n i k i o dwóch wiciach.

Lęgnia tworzy na końcu dziobek, który otwiera się i wpuszcza plemniki do lęgni. Jeden z nich dokonuje zapłodnienia. Zygota przebywa dłuższy okres spoczynkowy. Nadto woszeria rozmnaża się za pomocą osobliwych pływek, zupełnie innego urządzenia, niż to jest u ogółu zielenic (ryc. 41). Pływka taka tworzy się w końcowej części wici, gdzie zbiera się większa ilość protoplazmy z jądrami. Przerywając błonę, wychodzi na zewnątrz i przybiera owalny kształt. Ta pływka ma na całej swojej powierzchni bardzo liczne rzęski. Ponieważ są one osadzone pa-

rami naprzeciwko jąder, można pływkę woszerii uważać za połączenie licznych zwykłych u zielenic dwuwiciowych pływek. Ten sposób rozmnażania ma charakter wegetatywny, bo podział redukcyjny tu nie zachodzi.



Ryc. 41. *Vaucheria repens.* Tworzenie się pływek. — Według Goetza

O wiele rzadsze są glony diploidalne, jako przykład których może służyć pospolita także w Bałtyku, morska brunatnica, morszczyn [*Fucus* (ryc. 42)]. Redukcja chromatyny odbywa się tu w lęgniach i plemniach.

Wreszcie dosyć częste są u glonów przypadki rodozmianu, zwłaszcza u brunatnic i krasnorostów. Ciekawy przykład stanowi morski glon *Cutleria* mający postać silnie rozgałęzionej wstęgi umocowanej dolnym końcem do dna (ryc. 43*A*). Jest to roślina haploidalna, rozmnażająca się w drodze heterogamii za pomocą ruchomych gamet o dwóch bocznych wiciach, o czym już była mowa poprzednio (ryc. 23). Obserwując te gamety przekonano się, że dają one początek całkiem odmiennej roślinie, znanej pod nazwą *Aglaozonii* (ryc. 43*B*), mającej formę nieprawidłowo wycinanej blaszki, przyrastającej do podłoża dolną stroną. *Aglaozonia* jest diploidalna i rozmnaża się bezpłciowo za pomocą zarodników, mających formę pływek podobnych do gamet *Cutlerii*. Przy tworzeniu się tych pływek zachodzi podział redukcyjny, przeto są one haploidalne i są prawdziwymi zarodnikami. Z nich powstają osobniki *Cutlerii.* A zatem *Cutleria* i *Aglaozonia* są dwiema formami tej samej rośliny. Forma pływek, jaka tu występuje — o dwóch bokiem na pływce osadzonych wiciach — jest charakterystyczna dla brunatnic.

Jeszcze ciekawszy przypadek rodozmianu stwierdzono u zielenic gałęzatki [*Cladophora* (ryc. 44)] i błonnicy [*Ulva* (ryc. 45)]. Wszystkie okazy są tu pozornie jednakowe, w istocie jednak jedne są diploidalne, inne haploidalne i rozmnażają się różnie. Diploidalne rozmnażają się bezpłciowo za pomocą czterowiciowych pływek. Przy ich powstawaniu odbywa się podział redukcyjny i wobec tego wyrastają

z nich osobniki haploidalne. Te rozmnażają się płciowo w drodze izogamii za pomocą gamet mających postać dwuwiciowych pływek. Gamety te są pozornie jednakowe, ale zachowanie się ich jest różne. Łączą




Ryc. 42. Morszczyn *(Fucus platycarpus)*. Brodawki na skróconych odgałęzieniach zaznaczają miejsca, gdzie we wgłębieniach mieszczą się lęgnie i plemnie. — Według O l t m a n n s a

się one ze sobą tylko wtedy, jeżeli pochodzą od różnych osobników i to nie zawsze. Są mianowicie dwa rodzaje osobników, z wyglądu jednakowych, różniących się tym, że gamety pochodzące od jednych łączą się tylko z gametami drugich. Zachodzi tu więc zróżnicowanie płciowe,

inne jednak niż zwykle, kiedy istnieją osobniki lub gamety męskie i żeńskie. Dwie płci, które tu występują, oznacza się znakami + i —. Z podobnymi zjawiskami spotykamy się u grzybów, u których zresztą odkryto te cechy wcześniej.



Ryc. 43. *Cutleria multifida.* — *A* Pokolenie haploidalne. — *B* Pokolenie diploidalne (*Aglaozonia*). — Według Thureta i Falkenberga

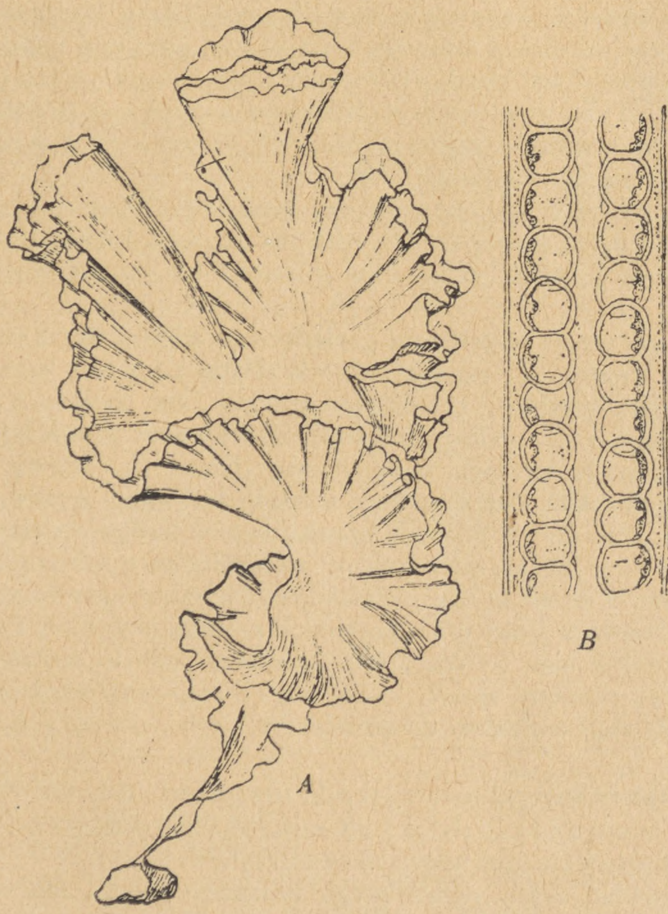
Przytoczone powyżej przykłady cyklu rozwojowego glonów są wzięte spośród zielenic i brunatnic. Krasnorosty odznaczają się wieloma osobliwościami bardzo zawiłymi. Pływki ich nie mają wici.

Glony najobficiej występują w morzach, zwłaszcza zimnych, gdzie niektóre brunatnice dochodzą do 80 *m* długości. W Bałtyku z powodu małej słoności jest ich mało. Brunatnice są prawie wyłącznie roślinami morskimi — krasnorosty przeważnie również — zielenice zaś spotyka się także często w wodach słodkich. Glony przeważnie umocowują się do dna, wśród zielenic są także formy planktonowe. Niektóre nieliczne, bardzo drobne zielenice żyją w powietrzu, tworząc na pniach drzew




Ryc. 44. *Cladophora*. — *A* Osobnik w naturalnej wielkości. — *B* Gałąź w powiększeniu. W komórkach z ciemną zawartością tworzą się pływki. — *C* Komórka silnie powiększona; *p* pirenoidy w ciałkach zieleni, *j* jądra. — Według Oltmannsa i Strasburgera

i innych przedmiotach zielone naloty, szczególnie wyraźnie widoczne podczas wilgotnej chłodnej pogody. Pewne zielenice żyją w łączności z grzybami tworząc porosty (ust. 21).



Ryc. 45. *Ulva Lactuca*. *A* Okaz pomniejszony trzykrotnie. — *B* Przekrój plechy powiększony. — Według T h u r e t a

POKAZY. Dla zapoznania się z nitkowatymi zielenicami bentosowymi można je wziąć z jakiegokolwiek zbiornika wodnego. Najczęściej spotyka się gałęzatkę, zwykle z licznymi, przylepionymi do niej okrzemkami.

20. GRZYBY *(Mycetes)*. W przeciwieństwie do glonów grzyby są roślinami lądowymi. Toteż tylko nieliczne gatunki wodne wytwarzają pływki. Do rozmnażania służą na ogół komórki obłonione, zwane za-

rodnikami, nie zawsze jednak będące nimi naprawdę, jak zarodniki paproci (zob. ust. 46—50). Charakterystyczny dla grzybów jest brak ciałek zieleni i chlorofilu. Są one wszystkie cudzożywne: roztocza lub pasożyty. Ciało ich nie ma ustalonego kształtu, tak samo jak u innych plechowców. Jest ono zbudowane z nitkowatych, jedno- lub wielokomórkowych tworów, zwanych s t r z ę p k a m i. Błony komórek są złożone z chityny, substancji azotowej, występującej poza tym tylko u zwierząt (np. w powłokach owadów). Strzępki u grzybów typowych są wielokomórkowe. Tylko w gromadzie pleśniaków jest inaczej: strzępki nie są podzielone na komórki i zawierają jednolitą protoplazmę z licznymi jądrami, podobnie jak woszerie.

Pleśniaki nie są typowymi grzybami i także pod innymi względami różnią się od ogółu grzybów. U typowych grzybów komórki zawierają przeważnie po jednym lub po dwa jądra, daleko rzadziej większą ich ilość.

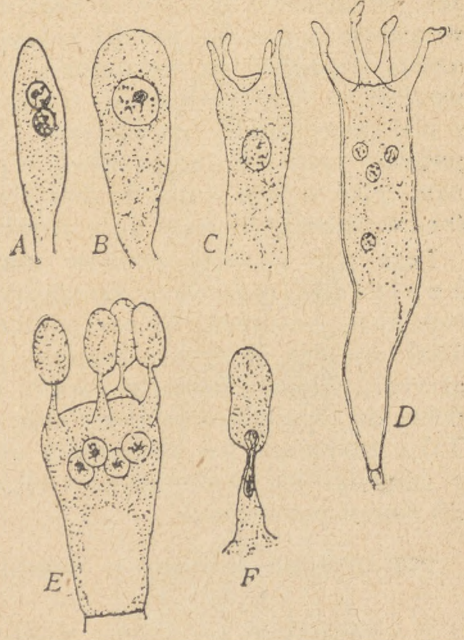
Strzępki są zwykle rozgałęzione i splecione ze sobą. Tworzą one sploty luźne albo zwarte. Z luźnych strzępek składa się g r z y b n i a, część składowa ciała grzybów, której prawie nigdy nie braknie (ryc. 15). Grzybnia pobiera z podłoża pokarmy i wytwarza często inne części grzyba, złożone ze strzępek, ściśle ze sobą złączonych. Istnieją grzyby, które żadnych takich części nie mają i składają się tylko z grzybni. Tak jest stale u pleśniaków. Podobne uproszczenie w budowie ciała spotyka się także u grzybów prawdziwych, w szczególności u wielu pasożytów oraz u pleśni, o ile nie są one pleśniakami. Pleśniami nazywamy grzyby roztocza, złożone z samej tylko grzybni oraz takie, które poza grzybnią mają wprawdzie inne jeszcze części składowe, jednak bardzo drobne. Pleśnie mają podobny sposób życia, ale nie stanowią odrębnej grupy grzybów, należąc częściowo do pleśniaków, częściowo do grzybów typowych.

Zwarte sploty strzępek tworzą tkanki strzępkowe (zob. ust. 7). Z nich są złożone o w o c n i k i, służące do rozmnażania oraz p r z e t r w a l n i k i, stanowiące stadium spoczynkowe grzybów.

Jako przykład cyklu rozwojowego typowego grzyba można wziąć pierwszy lepszy grzyb kapeluszowy z lasu. Grzybnia jego mieści się w ziemi, gdzie łączy się z korzeniami drzew tworząc tzw. m y k o r h i z ę. Grzybnia ta, po wyrośnięciu z zarodnika składa się z jednojądrowych komórek — jest to tzw. grzybnia p i e r w o t n a. Wkrótce następuje bardzo ciekawy proces, charakterystyczny dla typowych grzybów: komórki różnych grzybni łączą się ze sobą w ten sposób, że zlewają się ich protoplazmy, ale jądra pozostają odrębne. Tworzy się nowy rodzaj grzybni, złożonej z komórek dwujądrowych, tzw. grzybnia d r u g o r z ę d n a. Proces ten można uważać za zapłodnienie, zapoczątkowane przez zlanie się protoplazm — przez p l a z m o g a m i ę (zob. ust. 6). Jądra pozostają niepołączone, są one jednak w pewien sposób ze sobą

związane, gdyż pozostają w pobliżu siebie i jeżeli dzielą się, czynią to jednocześnie. Połączą się one dopiero później w dalszym stadium rozwojowym grzyba — w owocniku. Takie pary jąder noszą nazwę jąder sprzężonych albo dikariontów.

Przy tworzeniu się grzybni drugorzędnej zaznacza się często ciekawa forma płciowego zróżnicowania grzybni pierwotnych. Nie wszystkie takie grzybnie łączą się ze sobą. Jest tu ich dwa lub więcej rodzajów. W najprostszym wypadku mamy grzybnie „+“ i „—“, jak to już widzieliśmy u glonów. Bywają nadto przypadki płciowości różnorodnej, kiedy płci jest więcej, kiedy się je musi oznaczać literami *A*, *B*, *C*... Może być przy tym tak, że grzybnia *A* łączy się tylko z *B* i *C*, grzybnia *B* z *A* i *E*, ale nie z *C*, *D* itp. Są zresztą także grzyby niezróżnicowane płciowo.




Ryc. 46. *Armillaria mellea*. — *A*—*E* Kolejne stadia rozwoju podstawki. — *F* Przechodzenie jądra z podstawki do zarodnika. — Według Ruhlanda

Z grzybni drugorzędnej tworzy się ponad ziemią owocnik, zazwyczaj w kształcie parasola, złożony z górnej szerszej części (kapelusza) i dolnej węższej walcowatej (trzona). We wgłębieniach dolnej strony kapelusza tworzą się osobliwe komórki, ustawione równolegle obok siebie. Są to tzw. podstawki. Zawierają one parę jąder sprzężonych (ryc. 46). Tu następuje zlanie się tych jąder, a więc kariogamia, którą kończy się proces zapłodnienia, zapoczątkowany w grzybni pierwotnej przez plazmogamię. Mamy w ten sposób charakterystyczne dla typowych grzybów rozwleczenie zapłodnienia, które u innych roślin i nietypowych grzybów (pleśniaków i drożdży) odbywa się szybko (i plazmogamia i kariogamia odbywają się tam prawie jednocześnie).

W podstawce, zaraz po zlaniu się jąder, wytworzone w ten sposób jądro diploidalne dzieli się z redukcją chromatyny, po czym, jak zawsze, następuje natychmiast zwykły podział kariokinetyczny i tworzą się cztery jądra haploidalne. Jednocześnie na podstawce błona uwypukla się w czterech miejscach. Wypukłości te przybierają formę pęcherzyków połączonych z podstawką wąskimi kanalikami, tzw. sterygmami. Przez nie jądra wraz z częścią protoplazmy przechodzą kolejno do pę-

cherzyków. Pęcherzyki oddzielają się przegrodą od sterygm, pogrubiają swoją błonę i odrywają się. Są to zarodniki, z których wyrastają grzybnie pierwotne, złożone z komórek o pojedynczych jądrach. Cykl rozwojowy w ten sposób zostaje zamknięty.

Mamy zatem u grzybów dwa sposoby rozmnażania: płciowy i bezpłciowy. Płciowy odznacza się rozwleczonym zapłodnieniem, bezpłciowy zaś jest zupełnie typowy, z haploidalnymi zarodnikami, których powstawanie poprzedza podział redukcyjny. W tym cyklu rozwojowym można dopatrzyć się rodozmianu, jeżeli grzybnię pierwotną będziemy uważali za osobne pokolenie, a grzybnię drugorzędną z wytworzonymi z niej owocnikami — za następne. Te dwie formy grzyba mają jednak podobne jądra i można tu mówić o pokoleniu haploidalnym i diploidalnym tylko w tym sensie, że ilość chromozomów zawarta w komórkach (nie w jądrach) zmienia się z pojedynczej na podwójną.

Poza tym u wielu grzybów rozmnażanie odbywa się za pomocą k o n i d i ó w, osobliwych zarodników, które nie są prawdziwymi zarodnikami, bo tworzą się bez podziału redukcyjnego przez zwykły podział strzępek na drobne komórki (ryc. 18) i wytwarzają taką samą grzybnię, jak ta, z której powstały. Inne jeszcze komórki rozrodcze podobne do zarodników poznamy przy szczegółowym omówieniu grzybów. Takie omówienie jest konieczne z uwagi na wielkie znaczenie grzybów w gospodarstwie, a głównie na wielkie szkody, powodowane przez liczne ich formy pasożytnicze.

POKAZY będą omówione w rozdziale V morfologii szczegółowej.

21. POROSTY *(Lichenes).* Rośliny te, kształtu przeważnie blaszkowatego (ryc. 47), różnego zresztą i o bardzo różnym zabarwieniu, składają się ze strzępek grzybów, oplatających zielone komórki, zwane g o n i d i a m i (ryc. 48). Bliższe badanie wykazało, że gonidia są bardzo podobne do zielenic, albo do sinic. Nasunęło się wobec tego przypuszczenie, że porosty nie są jednolitymi roślinami, lecz połączeniem dwóch różnych roślin — grzyba z sinicą lub zielenicą. Przypuszczenie to okazało się zgodne z istotnym stanem rzeczy, gdyż udało się otrzymać sztucznie porosty, hodując razem glony z grzybnią — jedno i drugie oczywiście odpowiednio dobrane. Strzępki oplatały zielone komórki i tworzyły się takie same porosty, jakie się widzi w przyrodzie.

Współżycie gonidiów z grzybami w porostach jest przypadkiem s y m b i o z y, to znaczy, takiego współżycia organizmów, z którego obie strony odnoszą korzyści. Gonidia dostarczają tu grzybowi substancji organicznych, produkowanych przez nie dzięki chlorofilowi, grzyb zaś dostarcza wody i pokarmów mineralnych z podłoża, które potrafi rozpuszczać i żłobić nawet wtedy, gdy jest tak trwałe jak granit. Co jest ważniejsze jeszcze — grzyb chroni gonidia przed zbyt szybkim

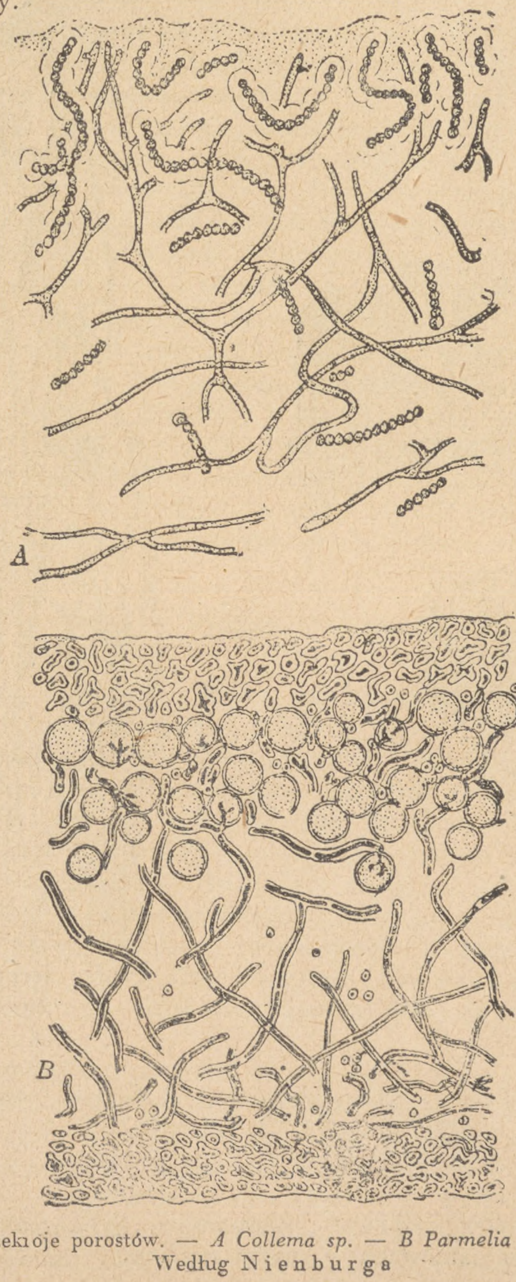
wysychaniem, dzięki czemu porosty mogą żyć tam, gdzie żadne inne rośliny nie są w stanie utrzymać się, np. na nagich skałach. Symbioza




Ryc. 47. Formy porostów. — *A Graphis scripta.* — *B Xanthoria parietina.* — *C Usnea barbata.* — Według W e t t s t e i n a

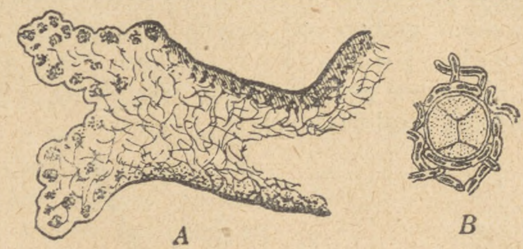
nie jest u porostów całkowicie harmonijna, gdyż gonidia, oplecione przez strzępki, są hamowane w swoim rozwoju.

Jak już wspomniałem, plecha porostów ma bardzo różne zabarwienie: żółte, czerwone, błękitne, szare. Pochodzi ono ze specyficznych substancji, tzw. kwasów porostowych, wytwarzanych przez grzybnię. Jeden z nich, lakmus, jest powszechnie znanym odczynnikiem na kwasy i zasady.



Ryc. 48. Przekroje porostów. — *A Collema sp.* — *B Parmelia Acetabulum.* — Według Nienburga

Porosty rozmnażają się wegetatywnie za pomocą urwistków (ryc. 49). Są to kawałki plechy, złożone z jednego lub kilku gonidiów oplecionych strzępkami. Urwistki odrywają się, są unoszone przez wiatr




Ryc. 49. *A* Urwistki u *Parmelia physodes*. — *B* Pojedynczy urwistek w przekroju. — Według Bittnera i Nienburga

i w odpowiednich warunkach rozrastają się tworząc nową plechę. Poza tym grzyby, wchodzące w skład porostów, wytwarzają zarodniki. Grzybnia, która z nich wyrasta, ginie, o ile nie napotka na odpowiednią zielenicę albo sinicę, gdyż grzyby takie, poza nielicznymi wyjątkami, nie mogą żyć samodzielnie. O ile jednak grzybnia natrafi na odpowiedniego zielonego partnera, oplata go i tworzy porost. Gonidia rozmnażają się tylko przez podział — w rzadkich tylko wypadkach tworzą pływki.

POKAZY. Części składowe porostu: strzępki i gonidia można zaobserwować na przekroju poprzecznym. Byle jaki porost może być użyty. Trzeba go rozmoczyć w wodzie przed sporządzeniem skrawków.

22. MSZAKI *(Bryophyta).* Przechodzimy z kolei do osiowców *(Cormophyta).* Teraz będziemy mieli do czynienia z roślinami, których postać jest o tyle ustalona, że mają one ulistnione pędy, złożone z walcowatej łodygi i płaskich, osadzonych na niej liści. Te dwie, tak różne pozornie, części rośliny mogą być traktowane łącznie jako pęd dlatego, że zarówno łodyga jak i liście tworzą się z tej samej tkanki tzw. twórczej.

Pomiędzy osiowcami, mszaki *(Bryophyta)* zajmują najniższy stopień rozwoju. Ich pędy składają się z komórek, dosyć słabo zróżnicowanych i u niektórych przedstawicieli mają nawet postać plechowatą w formie blaszek. Rośliny te nie mają korzeni, które znajdujemy u wyżej stojących osiowców — paprotników i nasiennych. Rolę korzeni w pobieraniu wody tylko w nieznacznym stopniu mogą spełniać nitkowate chwytniki, wyrastające z dolnej części pędów, złożone z szeregu komórek. Dlatego też mszaki trzymają się miejsc wilgotnych, a wymiary ich ciała są małe.

Cykl rozwojowy mszaków można wyjaśnić na przykładzie jakiegokolwiek mchu. Charakteryzuje się on osobliwym rodozmianem. Weźmiemy za punkt wyjścia zarodnik, który jest tak samo jak u grzybów

obłoniony. Z niego wyrasta nitkowaty, rozgałęziony twór, zwany splątkiem (ryc. 50). Splątek składa się z zielonych komórek, tylko jego odgałęzienia, chwytniki, wchodzące do ziemi, są bezbarwne. Robi on wrażenie jakiejś zielenicy. W wielu miejscach wyrastają ze splątka krótkie gałązki, nieco grubsze od innych. Na ich szczycie odcina się trójkątna komórka początkowa, która przez wielokrotny podział wytwarza ulistniony pęd. Zarówno splątek jak i pęd składają się naturalnie z komórek haploidalnych.

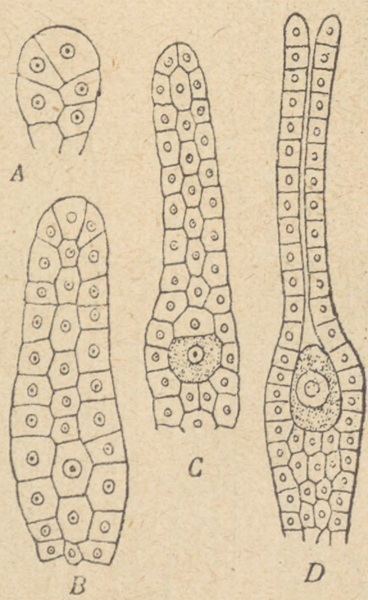



Ryc. 50. *Funaria hygrometrica.* Splątek; *p* — pączek, *ch* — chwytniki. — Według Müllera-Thürgau

Na szczycie pędu tworzą się narządy rozmnażania płciowego: rodnie i plemnie. Te narządy poznaliśmy już u paproci (ryc. 24 i 25). Tylko tu są one silniej rozwinięte. Rodnia początkowo składa się ze sznura komórek, otoczonego warstwą komórek ściennych (ryc. 51). Dolna z komórek środkowych rozrasta się, w związku z czym dolna część rodni pęcznieje i cały ten narząd przybiera charakterystyczną postać przypominającą karafkę. Jest to narząd żeński, odpowiadający lęgni plechowców. Ma on złożoną budowę w przeciwieństwie do lęgni, która jest jednokomórkowa. Dlatego nadano mu inną nazwę. Kiedy rodnia dojrzeje, dolna większa komórka środkowego sznura komórek staje się jajem. Jednocześnie pozostałe komórki, tzw. kanałowe, rozpływają się w galaretę. Tworzy się w ten sposób w szyjce rodni kanał, który otwiera się na szczycie. Tędy wejdzie do rodni plemnik i dokona zapłodnienia. Plemniki tworzą się w plemniach, mających postać woreczków ze ścianą złożoną w warstwy komórek (ryc. 52). Są one tak samo jak rodnia bardziej złożonej budowy aniżeli u plechowców, u których składają się z jednej komórki. Plemniki mają charakterystyczną postać

spiralnie skręconej laseczki z dwiema wiciami na końcu (ryc. 53). Laseczka składa się z chromatyny, tylko końcowa grubsza część pochodzi z protoplazmy. Dla zapłodnienia oczywiście potrzebna jest woda, w której plemniki pływają i kierują się do rodni. Wystarcza do tego niewielka ilość wody, np. kropla rosy lub deszczu.

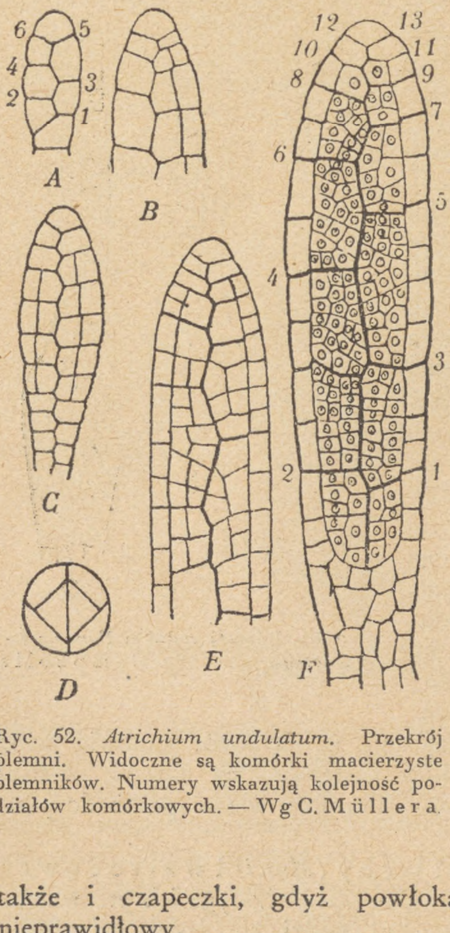
Zaraz po zapłodnieniu zygota zaczyna się dzielić i wewnątrz powłoki rodni wytwarza nową roślinę diploidalną. Roślina ta ma początkowo postać laseczki, która dolnym końcem wrasta w łodygę rośliny haploidalnej, górnym zaś wchodzi w szyjkę rodni (ryc. 54). W miarę jej wzrostu rośnie jakiś czas także powłoka rodni. W końcu jednak nie może ta powłoka nadążyć za wzrostem laseczki i urywa się w dolnej części. Zostaje ona uniesiona do góry jako c z e p e k, który przykrywa szczyt rośliny diploidalnej. Z tej szczytowej części tworzy się zarodnia z licznymi zarodnikami (ryc. 55). Roślina diploidalna składa się zatem z bezlistnej łodygi i zarodni. Ma ona prostszą postać od rośliny haploidalnej, która ją wytworzyła. Komórki jej mają mało ciałek zieleni, przeto żywi się ona kosztem rośliny haploidalnej, w której łodygę wrosła dolnym końcem. Obie te rośliny są tak ściśle złączone, że na pozór stanowią jedną całość. Przy tworzeniu się zarodników następuje, jak zawsze, podział redukcyjny, są one przeto haploidalne. Wracamy w ten sposób do punktu wyjściowego.



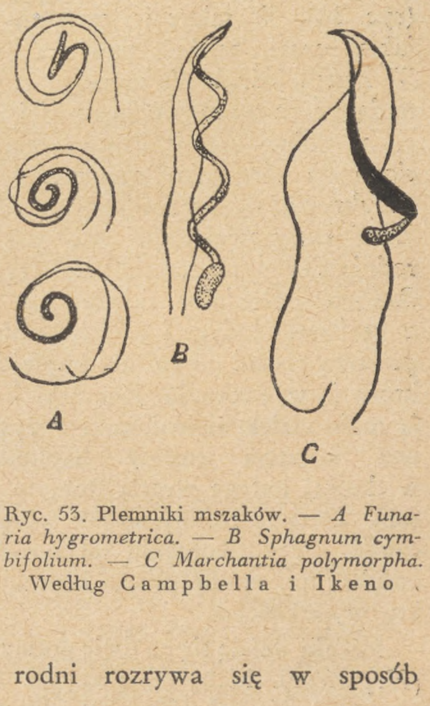

Ryc. 51. Rozwój rodni u *Funaria hygrometrica*. — Wg C a m p b e l l a

Mszaki dzielą się na dwie gromady: m c h y *(Musci)* i w ą t r o b o w c e *(Hepaticae)*. Mchy mają zawsze ulistnione pędy. Łodyga ich przeważnie ma następującą budowę: na powierzchni widzi się jedną lub kilka warstw komórek o zgrubiałych błonach, które nadają jej należytą wytrzymałość (ryc. 56). W głębi są komórki cienkościenne, jednakowe. Czasem tylko w samym środku widzi się na przekroju poprzecznym grupę bardzo drobnych komórek — h y d r o i d ó w. Przekrój podłużny wykazuje, że są to komórki silnie wydłużone. Nie mają one żywej zawartości, wypełnione są wodą. Służą do przewodzenia wody w pędzie i są przeto podobne do naczyń, charakteryzujących wyższe osiowce — paprotniki i nasienne, nie mają jednak zgrubień na błonach jak naczynia. Liście mchów są przeważnie jednowarstwowe, tylko środkiem ich idzie pasmo, złożone z większej ilości warstw komórek, tzw. n e r w.

Bardzo charakterystyczne dla mchów jest urządzenie zarodni. Otwierają się one poprzecznym pęknięciem pod szczytem, na skutek czego wierzchołek zarodni odpada jako w i e c z k o. Można wtedy zauważyć, że otwór zarodni jest zasłonięty szczególnego rodzaju ząbkami, które w suchą pogodę odginają się na zewnątrz. Ząbki te, tworzące tzw. *peristomium*, są przeważnie ustawione w dwa rzędy (ryc. 57). Takiego urządzenia nie mają osobliwe mchy, torfowce *(Sphagnum)*, u których zresztą nie ma




Ryc. 52. *Atrichium undulatum.* Przekrój plemni. Widoczne są komórki macierzyste plemników. Numery wskazują kolejność podziałów komórkowych. — Wg C. M ü l l e r a.




Ryc. 53. Plemniki mszaków. — *A Funaria hygrometrica.* — *B Sphagnum cymbifolium.* — *C Marchantia polymorpha.* Według C a m p b e l l a i I k e n o.

także i czapeczki, gdyż powłoka rodni rozrywa się w sposób nieprawidłowy.

Mchy torfowce zasługują na szczególną uwagę przez to, że występują w krajach chłodnych w ogromnych ilościach tworząc t o r f o w i s k a w y s o k i e. Powstają z nich pokłady torfu do kilkunastu metrów grubości dzięki temu, że pędy ich rosną ku górze w miarę, jak dolne części zamierają i butwieją. Mogą one wyrastać tak do 20 *m* ponad otaczający torfowisko teren, gdyż pędy ich o szczególnej budowie chciwie chłoną wodę. Pędy te odznaczają się skupieniem na szczycie licznych krótkich gałązek (ryc. 58) o charakterystycznym zabarwieniu: brunatno-żółtym lub czerwonym („kwiaty" torfowców). Najważniejszą jednak rzeczą jest budowa liści. Są one jednowarstwowe, złożone z dwojakiego

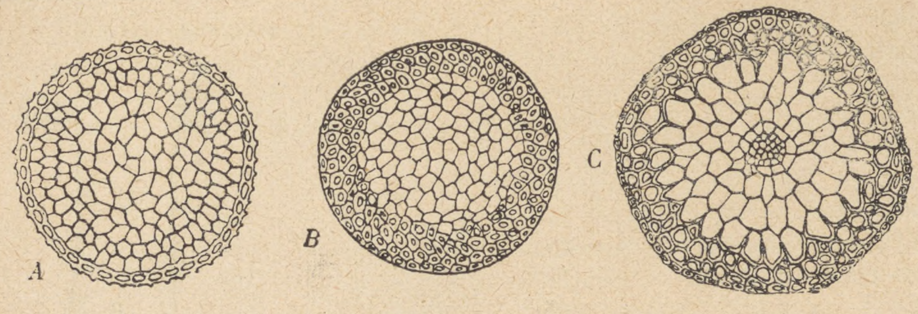



Ryc. 54. *Funaria*. *A* Przekrój podłużny przez rodnię z rozwijającym się wewnątrz niej pokoleniem diploidalnym. — *B* Późniejsze stadium rozwojowe. Dwie rodnie zapłodnione i kilka niezapłodnionych; w jednej z zapłodnionych rodni ścianka już pękła tworząc czepek. — Według Sachsa

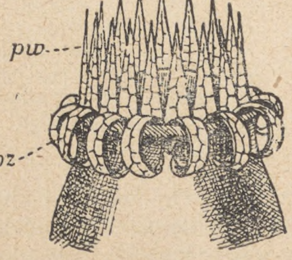



Ryc. 55. *Polytrichum commune*. *h* — pokolenie haploidalne, *d* — pokolenie diploidalne, *c* — czepek. Według Schenka

rodzaju komórek: wąskich, zielonych, tworzących rodzaj siatki i dużych bezbarwnych, zajmujących oczka tej siatki. Te ostatnie komórki są martwe i puste. Błony ich mają otwory. Podobne komórki znajdujemy także w łodydze. Jedne i drugie pochłaniają chciwie wodę jak gąbka. Torfowce osiedlają się głównie w obszarach bezodpływowych, tam też tworzą się torfowiska w y s o k i e, szczególnie silnie rozrośnięte




Ryc. 56. Przekroje poprzeczne łodygi mchów. — *A Barbula ruralis.* — *B Fontinalis antipyretica.* — *C Bryum roseum.* — Według C. Müllera i Sachsa




Ryc. 57. *Funaria hygrometrica.* Peristomium, *pz* — zewnętrzne. *pw* — wewnętrzne. — Według Bonniera

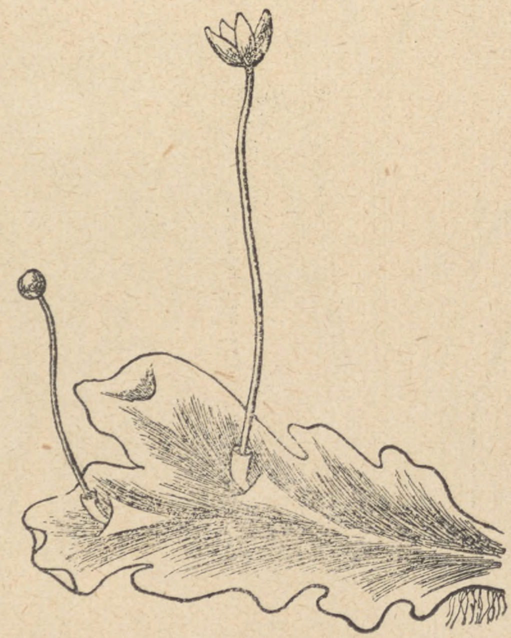


Ryc. 58. *Sphagnum cymbifolium.* — Według Schimpera

w Skandynawii. U nas przeważają innego rodzaju torfowiska, tzw. niskie, tworzące się na obszarach z przepływem wód. Pokłady torfu tworzą się w nich z mchów innych niż torfowce oraz z resztek roślin nasiennych — trzciny, tataraku itp.



Ryc. 59. Ulistniony wątrobowiec *Marsupella ustulata*. Według Schiffnera



Ryc. 60. Plechowaty wątrobowiec *Pellia epiphylla*. — Według Goebela

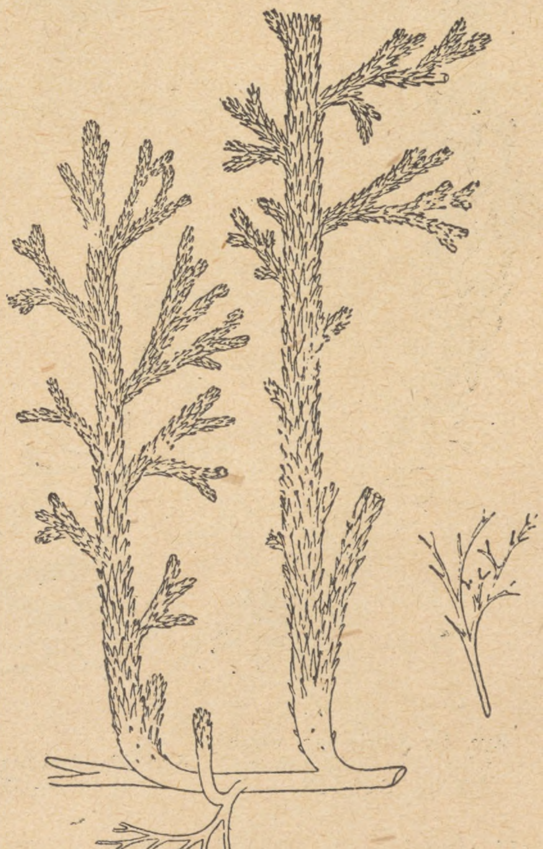
U wątrobowców obok gatunków z ulistnionymi pędami (ryc. 59) istnieją liczne gatunki z pędami plechowatymi (ryc. 60). Liście są kształtu bardzo osobliwego: dwudzielne. Zarodnie ich otwierają się podłużnymi pęknięciami na 4 łupiny. Są to drobne roślinki, bardzo wrażliwe na suszę, kryjące się w wilgotnych, zacienionych miejscach.

POKAZY. Warto jest zobaczyć pod mikroskopem zarodnię jakiegokolwiek mchu z peristomium i zarodnikami. Zapoznanie z narządami płciowymi jest w warunkach szkolnych bardzo trudne. Wątrobowce w pokazach można pominąć. Nie należy w każdym razie brać pospolitej *Marchantii*, bo jej morfologia jest bardzo złożona.

23. PAPROTNIKI *(Pteridophyta)* są już nam znane z ust. 8 i 9, gdzie był rozpatrzony ich wyraźny rodozmian na przykładzie paproci (ryc. 20). Przybierają one dwie formy: diploidalną dużą, złożoną z ulistnionych pędów i korzeni oraz haploidalną małą, plechowatą, zwaną przedroślem. Z pierwszej w drodze rozmnażania bezpłciowego tworzy się druga, z drugiej w drodze rozmnażania płciowego wyrasta pierwsza. Rozwój paprotników, jak to już zaznaczyłem w ust. 8, odbywa się bez przerwy.




Ryc. 61. *Rhynia major*; z — zarodnia. Rekonstrukcja według Kidstona i Langa



Ryc. 62. *Asteroxylon Mackiei*. Pokrój i gałązka z zarodniami. Rekonstrukcja wg Kidstona i Langa

W związku z wykształceniem korzeni, rośliny te mają **tkankę naczyniową** umożliwiającą przewodzenie dużych ilości wody, pobranych przez korzenie. Tkanką tą zajmiemy się w następnym rozdziale łącznie z wieloma innymi tkankami budującymi ciało paprotników, rośliny te bowiem wykazują bardzo silne zróżnicowanie budowy komórkowej. Pod tym względem różnią się one od mszaków, natomiast zbliżają się

do roślin nasiennych. Wobec wielkiego znaczenia tkanki naczyniowej występującej u paprotników i nasiennych, te dwa typy roślin są ujmowane nieraz pod wspólną nazwę roślin naczyniowych.

Korzenie paprotników są słabo wykształcone. Nie mają, jak nasienne, korzenia głównego rosnącego w przedłużeniu łodygi, mogącego sięgać głęboko i wyzyskiwać głębsze warstwy gleby, lepiej zachowujące wilgotność. Mają one tylko korzenie przybyszowe, wyrastające na boki z dolnych części łodygi. Dlatego też paprotniki, jakkolwiek większe



Ryc. 63. *Alsophila crinita*. Drzewiasta paproć z Cejlonu silnie pomniejszona. — Według Strasburgera

od mszaków, nie dochodzą do tak wielkich rozmiarów jak rośliny nasienne, wśród których australijskie eukaliptusy mają do 120 *m* wysokości.

Liście paprotników są bardzo różnie wykształcone. Przede wszystkim najstarsze paprotniki psilofity *(Psilophytinae)*, które zjawiły się w końcu epoki syluryjskiej, a wymarły już przed końcem dewońskiej,

nie miały wcale liści (ryc. 61) lub też posiadały tylko drobne wyrostki w formie kolców, pozbawione tkanki naczyniowej (ryc. 62). Te dziwne rośliny miały zarodnie na końcach pędów i nie wykształcały korzeni. O przynależności ich do paprotników świadczy obecność tkanki naczyniowej w pędach.

W epoce, zwanej górnym dewonem, zjawiły się paprotniki o prawdziwych liściach zawierających tkankę naczyniową. Dożyły do naszych czasów, jakkolwiek najobficiej rosły w epoce węglowej. Wtedy przyczyniły się one silnie do wytworzenia pokładów węgla kamiennego. Mamy tu trzy dalsze gromady paprotników: p a p r o c i e *(Filicinae)*, w i d ł a k i *(Lycopodiinae)* i s k r z y p y *(Equisotinae)*. Zarodnie tworzą się u nich na liściach, a nie na końcach pędów, jak u psilofitów.

Paprocie różnią się od innych paprotników dużymi, w najrozmaitszy sposób powycinanymi liśćmi, przeważnie w ten sposób, że przypominają swoim wyglądem pióro. Na dolnej ich stronie, czasem na brzegu, wyrastają zarodnie w grupach, zwanych k u p k a m i. Są one osłonięte osobliwymi blaszkowatymi wyrostkami liści, tzw. z a w i j k a m i. Zarodnie tworzą się na wszystkich albo na niektórych liściach, które wtedy wykształcają się inaczej i noszą nazwę s p o r o f i l i. Sporofile

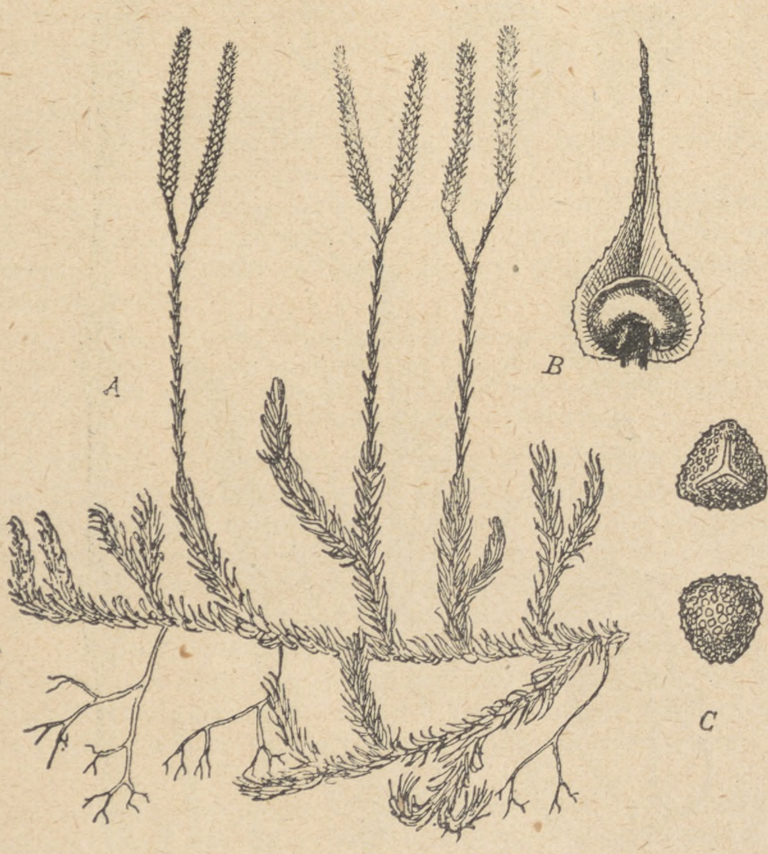


Ryc. 63a. *Aspidium Dryopteris*. Dichotomicznie rozgałęzione kłącze z ogonkami liściowymi (korzenie nie zaznaczone). — Według V e l e n o w s k y'e g o

paproci powstają obok zwykłych liści i nie tworzą osobnych skupień, jak to zobaczymy u widłaków i skrzypów. Łodyga paproci w wielu przypadkach, między innymi u wszystkich krajowych przedstawicieli, jest podziemna. W krajach tropikalnych jest ona nieraz wyniosła (ryc. 63) — są to paprocie drzewiaste. Zazwyczaj jest ona nierozgałęziona, jeżeli zaś rozgałęzia się, dzieli się widełkowato na dwie równe gałęzie (ryc. 63a). Jest to rozgałęzienie d i c h o t o m i c z n e, które szczególnie wyraźnie występuje u widłaków, do których teraz przejdziemy.

WIDŁAKI (ryc. 64) odznaczają się widełkowatym rozgałęzieniem nie tylko pędów, ale i korzeni, czego u żadnych innych paprotników nie spotyka się. Liście są drobne, gęsto osadzone na łodydze, całkowite, nie-

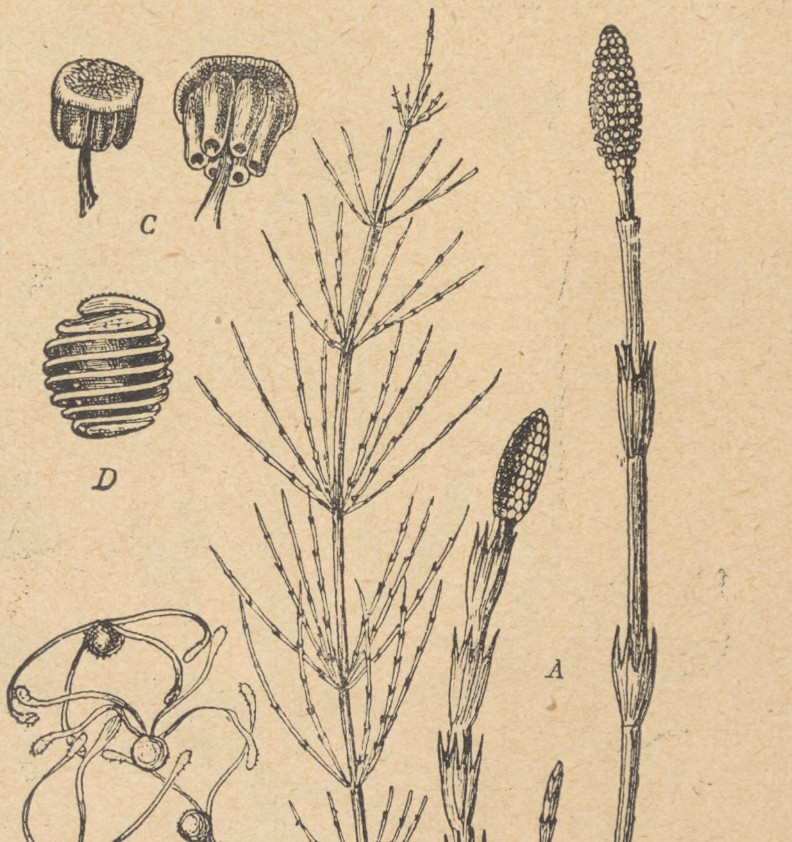
podzielne. Na szczycie pędów znajdują się sporofile, skupione w coś w rodzaju kłosów, z pojedynczymi zarodniami na górnej stronie. Obecnie żyjące widłaki są drobnymi roślinami. W epoce węglowej było inaczej — rosły wtedy widłaki także w formie wielkich drzew, dochodzących do 30 *m* wysokości.




Ryc. 64. *Lycopodium clavatum.* — *A* Pokrój pokolenia diploidalnego. Na szczycie odgałęzień kwiaty. — *B* Sporofil z zarodnią. — *C* Zarodnik widziany z dwóch stron. — Według Strasburgera

SKRZYPY (ryc. 65) mają wygląd odmienny od paproci i widłaków dzięki rozczłonkowaniu łodygi na węzły i międzywęźla. Węzły są to zgrubiałe nieco części łodygi, z których wyrastają liście. Międzywęźla — to części położone między węzłami. U widłaków, jak to dobrze widać na ryc. 64, liście pokrywają gęsto łodygę i nie może być mowy o rozróżnieniu węzłów i międzywęźli. U paproci nieraz liście są osadzone na łodydze w pewnych odstępach, jednak łodyga u nasady liści nie różni się wyraźnie od innych jej części.

Liście skrzypów są drobne, całkowite i są osadzone okółkowo, to znaczy kilka lub nawet kilkanaście liści na jednym poziomie, wokół łodygi. Liście te są nadto zrośnięte brzegami, tworząc coś w rodzaju kołnierzyka otaczającego każdy węzeł. Okółkowe ułożenie liści jest




Ryc. 65. *Equisetum arvense.* — *A* Pokrój pędów plennych z kwiatami na szczytach. — *B* Pokrój pędów płonnych. — *C* Sporofil widziany ukośnie z góry i z dołu. — *D* Zarodnik w wilgotnym powietrzu. — *E* Zarodniki w suchym powietrzu. — Według Strasburgera

rzadkie u innych paprotników. Rozgałęzienie łodygi jest również okółkowe, czego nie spotyka się u paproci i widłaków. Sporofile u skrzypów są skupione osobno na końcu pędów tworząc coś w rodzaju szyszki. Mają one kształt tarczkowaty: ich sześciokątna blaszka jest osadzona na trzonku wyrastającym ze środka. Na wewnętrznej stronie tej blaszki widzi się kilka zarodni. Bardzo ciekawe są zarodniki z uwagi na swoją podwójną błonę. Zewnętrzna jest pocięta na cztery paski, które owijają się naokoło zarodnika w wilgotnym powietrzu i rozwijają się w suchym.

Obecne skrzypy są drobnymi roślinami. W epoce węglowej, podobnie jak widłaki, przybierały one formę wielkich drzew, o podobnym jednak wyglądzie, były to tzw. kalamity.

Przytoczone powyżej opisy odnosiły się do pokolenia diploidalnego. Pokolenie haploidalne — przedrośle — wykazuje także różnice w opisanych gromadach, np. u widłaków mieści się dosyć głęboko w ziemi i jest pozbawione chlorofilu.

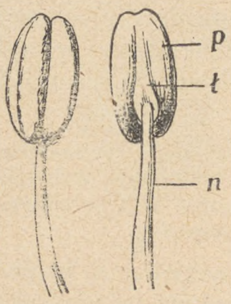
POKAZY. Zarodnie paproci z zarodnikami można zobaczyć na materiale, zebranym na jesieni. Bardzo pożądany, ale i bardzo trudny do wykonania jest pokaz przedrośli paproci. Trzeba w tym celu hodować je z zarodników, co udaje się tylko przy wielkim nakładzie pracy i cierpliwości.

24. NASIENNE. *(Spermatophyta).* Są to najważniejsze z żyjących obecnie roślin. Grupa ta liczy znacznie więcej gatunków od wszystkich poprzednio omówionych typów roślin, a mianowicie około 160 tysięcy. Znaczenie roślin nasiennych wynika także z tego, że są to przeważnie rośliny duże. Spotykamy wśród nich nawet olbrzymy, jak nasze jodły, dochodzące do 55 metrów wysokości, eukaliptusy australijskie — drzewa dorastające 120 metrów wysokości i pnące się palmy tropikalne z rodzaju *Calamus*, dochodzące do 200 metrów długości. Wobec wielkiego ich znaczenia będą rośliny nasienne szczegółowo rozpatrzone w dalszych częściach tej książki. W tym miejscu poznamy tylko najbardziej ogólne ich cechy.

Nasienne mają wiele wspólnego z paprotnikami: składają się z ulistnionych pędów i korzeni, tak samo jak pokolenia diploidalne paprotników. Toteż składają się głównie z komórek diploidalnych. Budowę anatomiczną mają podobną z tkankami silnie zróżnicowanymi. Korzenie ich są silniej rozwinięte niż u paprotników. Mają one, przynajmniej w młodości, korzeń główny, który stanowi jak gdyby przedłużenie łodygi i może zagłębiać się na wiele metrów w głąb gleby. Dzięki temu rośliny nasienne bardziej sprawnie zaopatrują się w wodę i mogą osiągać większe wymiary — wzrost bowiem jest połączony z dużymi stratami wody przez parowanie. Dalszą różnicę stanowi przerwanie cyklu rozwojowego na okres spoczynku, kiedy to roślina mieści się w nasieniu (zob. ust. 7). Jest to cecha tak ważna i zarazem powszechna, że z niej wyprowadzono nazwę omawianych roślin. Rodozmian u nasiennych występuje w formie niewyraźnej, jak to będzie wyjaśnione później.

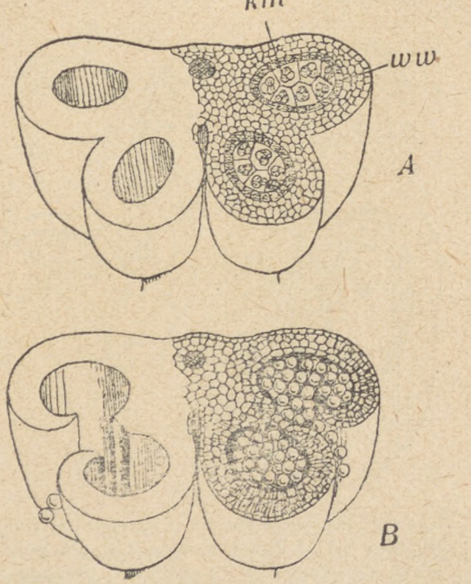
Rozmnażanie nasiennych ma charakter płciowy (o ile nie liczyć rozmnażania wegetatywnego). Odbywa się ono w kwiatach. Są to końcowe odcinki pędów o gęsto skupionych, silnie przeobrażonych liściach, często barwnych. Od nich wywodzi się często roślinom nasiennym dawana nazwa kwiatowych. Jednakże pewne, nieliczne co prawda, rośliny nasienne nie tworzą kwiatów i wobec tego nazwa nasiennych jest bardziej właściwa. Budowa kwiatów jest zasadniczo różna w dwóch grupach, jakie się wyróżnia wśród nasiennych: u okrytonasiennych (*Angiospormae*) i nagonasiennych (*Cymnospormae*).

Budowę kwiatów u okrytonasiennych można objaśnić na przykładzie jaskra. Kwiat tej rośliny składa się z czterech rodzajów liści, osadzonych na nieco zgrubiałej końcowej części łodygi, zwanej dnem kwiatowym. Najbardziej zewnętrzne liście najmniej się różnią od zwykłych liści, są one cienkie i zielone. Są to działki stanowiące kielich. Jest ich pięć. Głębiej są położone płaskie również, ale nie zielone, lecz barwne — żółte — liście, również w ilości pięciu, zwane płatkami. Tworzą one koronę, która razem z kielichem stanowi okwiat. U podstawy płatków mieści się wgłębienie, w którym wytwarza się słodki sok, nektar. Tego rodzaju budowa nosi nazwę miodników. Wewnątrz korony płatków widzimy liczne liście, tak silnie przeobrażone, że zupełnie nie są podobne do zwykłych liści, są to pręciki (ryc. 66). Składają się one z górnej, szerszej i grubszej części — pylnika — i dolnej cieńszej — nitki. W pylniku,w osobliwych czterech komorach, zwanych woreczkami pyłkowymi, tworzy się pyłek kwiatowy, który wysypuje się na skutek pękania ścianek komór. Wreszcie w samym środku kwiatu widzimy w dużej ilości liście również niepodobne do zwykłych liści, są to owocolistki, czyli słupki, wydłużone woreczki, zwężające się ku górze, zakończone lekkim nabrzmieniem. Dolna grubsza część słupka nazywa się zalążnią. Do ścianki komory w zalążni jest umocowany za pomocą sznureczka zalążek, okrągłe ciałko, z którego wytworzy się potem nasienie. Górna węższa część słupka nosi nazwę szyjki, końcowa — znamienia. Znamię jest pokryte lepkimi brodawkami, do których łatwo przykleja się pyłek. Powstanie słupków tłumaczy się tym, że owocolistki zwijają się do wnętrza kwiatu i zrastają się swymi brzegami, na których tworzą się zalążki, w przypadku jaskra pojedyncze. Że pręciki i słupki są istotnie przeobrażonymi liśćmi, dowodzi tego ich budowa anatomiczna podobna do budowy liści. Czasem też wykształcają się kwiaty nienormalne, w których w miejsce pręcików i słupków wyrastają zielone listki.



Ryc. 66. Pręcik widziany z dwóch stron; *n* — nitka, *p* — pylnik, *ł* — łącznik.

Po to, by w kwiecie odbyło się zapłodnienie, musi on być zapylony, to znaczy, pyłek musi się przenieść w pobliże zalążków. U okrytonasiennych powinien on trafić na znamię, do którego się przylepia. Dzieje się to zwykle za sprawą owadów, które przywabione barwą i wonią kwiatów zbierają w nich nektar, a czasem także i pyłek. Ciało ich przy tym ociera się o pręciki i słupki i w ten sposób pyłek dostaje się na znamię. Ziarenka pyłku są komórkami haploidalnymi, gdyż powstają one czwórkami przez podział redukcyjny i przez następujący po nim zwykły kariokinetyczny. Na znamieniu wyrastają z nich ł a g i e w k i, rureczki zawierające po trzy komórki, oczywiście haploidalne. Z nich dwie będą grały rolę plemników. Łagiewki wrastają w szyjkę, wchodzą następnie do komory zalążni i dochodzą do zalążków (ryc. 67*A*). U niektórych roślin, np. u orzecha (ryc. 67*B*), brzozy, łagiewka dochodzi do zalążka inną drogą: z szyjki przez ścianki zalążni do podstawy zalążka. W obu przypadkach łagiewka jest pewnego rodzaju pasożytem, żywiącym się kosztem różnych części słupka.

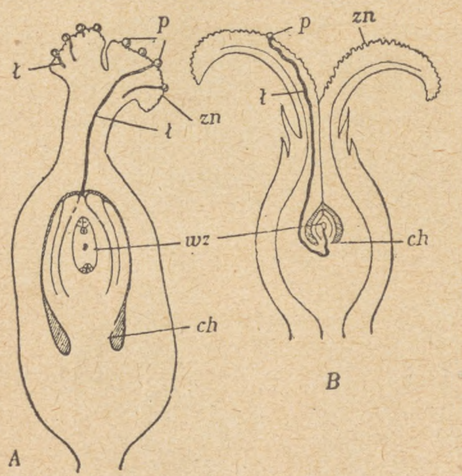



Ryc. 66a. Schematyczne przedstawienie rozwoju pylnika. — *A* Pylnik zawierający jeszcze nie podzielone komórki macierzyste pyłku (*km*), otoczone warstwą wyścielającą (*ww*). — *B* Stadium późniejsze; ziarenka pyłku wysypują się przez pęknięcia ściany pylnika; warstwa wyścielająca znikła skutkiem zużycia jej na odżywienie pyłku. Według B a i l l o n a

Zalążek, do którego łagiewka dochodzi, ma budowę następującą (ryc. 68): Główną jego częścią jest o ś r o d e k, ciałko okrągłe albo owalne, złożone początkowo z jednakowych diploidalnych komórek. Od podstawy jego wyrastają jedna lub dwie powłoki, o s ł o n k i, które pozostawiają na szczycie zalążka otwór zwany o k i e n k i e m. Jedna z komórek ośrodka dzieli się podziałem redukcyjnym, a następnie, jak zawsze, zwykłym. Tworzą się cztery komórki haploidalne. Z nich trzy giną, a pozostała czwarta rozrasta się — jest to w o r e c z e k z a l ą ż k o w y. Wewnątrz niego tworzy się osiem komórek, z których jedna będzie grała rolę komórki jajowej. Jeżeli zespoły komórek haploidalnych w łagiewce i w woreczku zalążkowym będziemy uważali za osobne rośliny, to będzie można dopatrzyć się w rozwoju omawianych roślin ukrytego, uproszczonego rodozmianu. Te wszystkie komórki haploidalne oraz zapłodnienie, które nastąpi, kiedy plemniki z łagiewki przejdą do woreczka zalążkowego, będą opisane dokładnie w następnym rozdziale.

Budowa kwiatów u okrytonasiennych bynajmniej nie zawsze jest taka jak u jaskra. Przeciwnie wykazuje ona u różnych roślin tej grupy wielką rozmaitość, z czym zapoznamy się w części szczegółowej.

Po dokonanym zapłodnieniu zalążki przemieniają się w nasiona, zawierające nową młodą roślinę. Jednocześnie słupek, a głównie jego zalążnia, wzrasta tworząc owoc. Zawiera on nasiona (u jaskra jedno), otoczone owocnią, wytworzoną ze ścianek zalążni. Owoc, tak samo jak kwiat, może być bardzo różnie wykształcony. U jaskra ma on postać niełupki o wiotkiej suchej owocni, z której nasienie nie wypada.

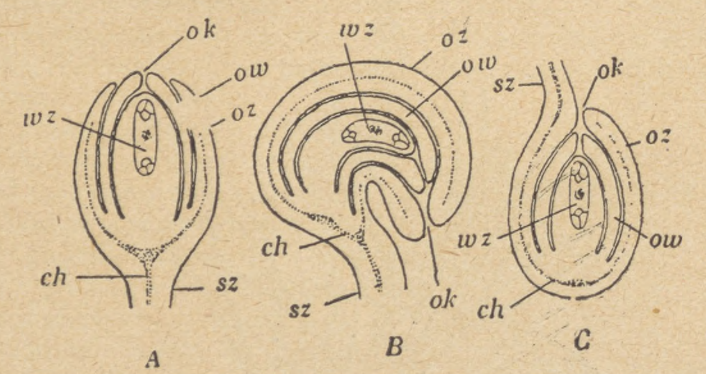



Ryc. 67. Przekroje słupka u *Polygonum Convolvulus (A)* i *Juglans regia (B)* dla pokazania porogamii w pierwszym przypadku i chalazogamii w drugim. W obu figurach. *p* ziarenka pyłku, *ł* łagiewki, *wz* woreczki zalążkowe, *ch* osadka zalążków *(chalaza)*. *zn* znamię. Wolna przestrzeń wewnątrz zalążni zacieniowana.
Według Strasburgera

Przejdziemy teraz do roślin nagonasiennych. Ich kwiaty są inaczej zbudowane. Przede wszystkim są one dwojakiego rodzaju: jedne z pręcikami, tzw. męskie, inne z owocolistkami, tzw. żeńskie. Oba rodzaje kwiatów mogą tworzyć się na tych samych osobnikach — będą to rośliny jednopienne. Rzadziej kwiaty męskie wyrastają na innych osobnikach, niż żeńskie — takie rośliny noszą nazwę dwupiennych. Nawiasem mówiąc, podobny podział występuje czasem także u roślin okrytonasiennych. Najważniejszą osobliwością kwiatów u nagonasiennych jest forma owocolistków. Nie zwijają się one i nie przybierają formy woreczków jak u okrytonasiennych. Skutkiem tego zalążki i nasiona z nich wytworzone są wystawione na działanie otoczenia. Osłaniać je mogą tylko z boków sąsiednie owocolistki, jeżeli kwiaty żeńskie mają budowę zwartą. Od tej to różnicy w ukształtowaniu owocolistków pochodzą nazwy roślin: okryto- i nagonasiennych.

Inna forma owocolistków pociąga za sobą u nagonasiennych inny sposób zapylania: pyłek może u nich dostać się wprost na zalążki wpadając do okienka. Łagiewka, kierując się do woreczka zalążkowego, ma tu do przebycia krótszą drogę. Pyłek nagonasiennych nie jest przenoszony przez owady, które nie znajdują w nich pożywienia. Roznosi go wiatr, przy czym większa jego część marnuje się. Toteż nagonasienne wytwarzają bardzo dużo pyłku. W związku ze sposobem zapylenia, kwiaty nagonasiennych nie mają okwiatu wcale albo wytwarzają go w formie niepozornych listków.

Jako przykład kwiatów nagonasiennych można wziąć sosnę (ryc. 69). Kwiaty jej, zarówno męskie jak i żeńskie, mają formę owalną. Są one złożone z gęsto na osiowej części łodygi osadzonych pręcików względnie owocolistków. Położony u podstawy okwiat składa się z nielicznych, niepozornych listków. Pręciki przedstawiają się jako płaskie cienkie łuski




Ryc. 68. Różne formy zalążków w przekroju (schemat): *A* prosty czyli ortotropowy *B* zgięty czyli kampylotropowy, *C* odwrócony czyli anatropowy. We wszystkich figurach: *sz* sznureczek, *oz* osłonka zewnętrzna, *ow* osłonka wewnętrzna, *ch* chalaza, *ok* okienko, *wz* woreczek zalążkowy. — Według Bonniera

z dwoma woreczkami pyłkowymi na dolnej stronie. Owocolistki, również łuskowate, są grubsze: mają one na górnej stronie osadzone u podstawy dwa zalążki, na dolnej zaś cienką łuseczkę dodatkową.

Nagonasienne z braku zalążni nie tworzą owoców. Owocolistki jednak mogą się rozrastać okrywając nasiona przynajmniej z boków. Widzimy to u sosny i innych drzew szpilkowych, gdzie tworzą one szyszki.

W łagiewce i woreczku zalążkowym u nagonasiennych tworzy się więcej komórek, niż u okrytonasiennych: w łagiewce do 5, w woreczku zalążkowym do tysiąca i więcej. W łagiewce są tak samo dwie komórki plemnikowe. Komórek jajowych w woreczku zalążkowym jest zazwyczaj kilka, jednakże tylko jedna z nich daje nową roślinę — inne giną.

Należy zaznaczyć, że okrytonasiennym nadaje się często nazwę okrytozalążkowych, nagonasiennym — nazwę nagozalążkowych.

POKAZY muszą być liczne. Będzie o nich mowa przy omawianiu poszczególnych zagadnień dotyczących roślin nasiennych. Tu należy tylko wskazać na pożytek wynikający z oznaczania rodzin i gatunków, z tym jednak zastrzeżeniem, że jest to, wbrew szeroko rozpowszechnionemu mniemaniu, bardzo trudne.



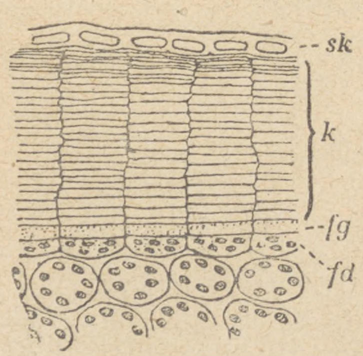

Ryc. 69. Sosna (*Pinus silvestris*). — *A* Gałąź z kwiatami męskimi. — *B* Gałąź z kwiatem żeńskim i zeszłorocznymi szyszkami. — *C* Szyszka niezupełnie dojrzała. — *D* Szyszka dojrzała z rozchylonymi łuskami. — *E* Nasienie ze skrzydełkiem. — Według Strasburgera

ROZDZIAŁ V

# TKANKI

25. OGÓLNE UWAGI. Dowiedzieliśmy się już w ust. 6, że tkanki są to blaszkowate lub bryłowate zespoły komórek, spełniających jednakowe czynności. Rozróżnialiśmy dwa ich rodzaje: s t r z ę p k o w e, powstające przez zlepianie lub splatanie się nici i p r a w d z i w e, u których komórki są od początku ze sobą złączone. Tkanki strzępkowe występują tylko u plechowców, gdzie przeważają nad prawdziwymi. Prawdziwe tkanki charakteryzują osiowce. Największą rozmaitość wykazują one u roślin naczyniowych — paprotników i nasiennych. Dlatego też musimy zająć się nimi osobno.

Tkanki prawdziwe są tak rozmaite, że trzeba je rozklasyfikować. Można je podzielić na p i e r w o t n e i w t ó r n e. Pierwotne tworzą się przy wzroście roślin na długość, wtórne — przy wzroście na grubość. Tkanki wtórne tworzą się z pierwotnych, stąd też pochodzi ich nazwa. Tkanki wtórne można odróżnić od pierwotnych po układzie komórek w szeregi, jak to wyraźnie widać w tkance korkowej (ryc. 1 i 69a). Taki układ komórek w tkankach pierwotnych jest rzadki. Tkanki wtórne występują w łodygach i korzeniach. Liście, które nie rosną na grubość, nie mają tkanek wtórnych lub też mają ich bardzo mało.



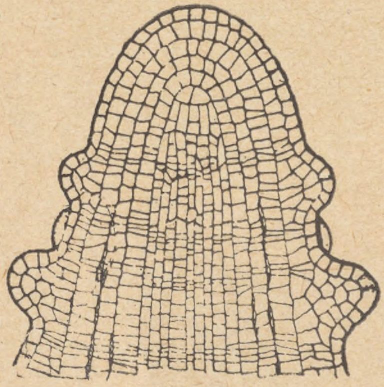
Ryc. 69a. Czeremcha *(Prunus Padus)*. Przekrój zewnętrznej części jednorocznej gałęzi; *sk* skórka, *k* tkanka korkowa, *fg* fellogen (tkanka twórcza korka), *fd* felloderma (tkanka miękiszowa, wytwarzana przez tę samą tkankę twórczą co korek). — Według H a b e r l a n d t a.

Tkanki prawdziwe, zarówno pierwotne jak i wtórne, dzielą się następnie na t w ó r c z e i t r w a ł e. Tkanki twórcze mieszczą się tam, gdzie odbywa się wzrost, a więc: pierwotne na szczycie pędów i na końcach korzeni, wtórne — pod korą łodyg i korzeni. Odznaczają się one tym, że ich komórki ulegają częstemu podziałowi, podczas gdy w tkankach trwałych podziały komórek odbywają się tylko wyjątkowo. Komórki tkanek twórczych odznaczają się poza tym małymi wymiarami, drobnymi wodniczkami i cienkimi błonami złożonymi z czystej prawie celulozy. Komórki te stopniowo przemieniają się w komórki tkanek stałych — rozrastają się, wytwarzają coraz większe wodniczki, pogrubiają swoje błony, które nieraz nasycają się innymi składnikami: ligniną, suberyną. Zdarza się także, że żywa zawartość w nich zamiera, jak to jest np. w tkance korkowej i naczyniowej. W ten sposób powstają tkanki m i ę k i s z o w e, o k r y w a j ą c e, n a c z y n i o w e, s i t o w e, m e-

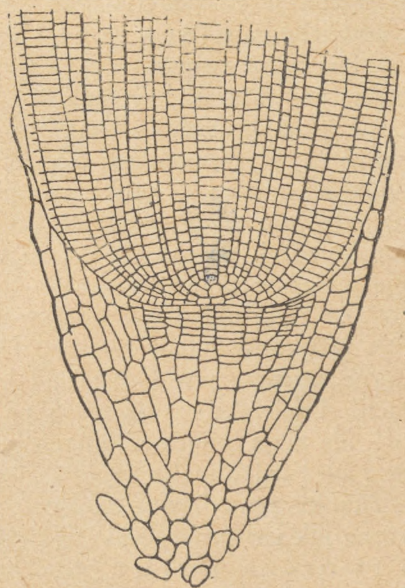
chaniczne i wydzielnicze. Podczas takiej ciągłej przemiany tkanek twórczych w trwałe, ogólna ich objętość pozostaje prawie bez zmiany: pierwsze z nich tracą tyle komórek, ile zyskują drugie.

W przeglądzie tkanek, który zajmie dalsze ustępy tego rozdziału, będziemy zajmowali się przeważnie tkankami pierwotnymi, bo wtórne, poza nielicznymi wyjątkami, niewiele różnią się od analogicznych tkanek pierwotnych. O tkankach wtórnych będzie zresztą mowa w dziale morfologii szczegółowej.

26. TKANKI TWÓRCZE zostały już dostatecznie scharakteryzowane w poprzednim ustępie. Wystarczy dodać jeszcze parę uwag. Tkanka twórcza pierwotna na szczytach pędów wytwarza zarówno nowe części łodygi jak i nowe liście (ryc. 70). Dlatego też pęd stanowi jedną całość morfologiczną, pomimo rozczłonkowania na łodygę i liście. W korze-



Ryc. 70. *Hippuris vulgaris*. Przekrój podłużny wzrostowego wierzchołka łodygi. Na szczycie kilka komórek początkowych nieznacznie tylko różniących się od sąsiednich komórek tkanki twórczej Według Strasburgera



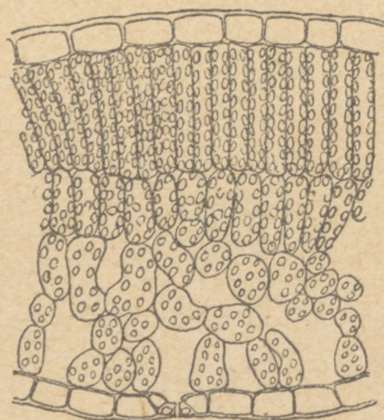
Ryc. 71. Jęczmień (*Hordeum sativum*). Przekrój podłużny przez dolny koniec korzenia. — Według Strasburgera

niach tkanka twórcza pierwotna, położona na końcu korzenia, ulega niebezpieczeństwu zniszczenia skutkiem ocierania się o cząsteczki gleby. Zapobiega temu ciekawy twór, zwany czapeczką (ryc. 71). Czapeczka składa się z tkanki trwałej, która stopniowo ściera się i odtwarza od wewnątrz ze specjalnej tkanki twórczej, przylegającej do tkanki twórczej korzenia lub też z tej ostatniej. O tkankach twórczych wtórnych będzie mowa w ust. 42 i 44.

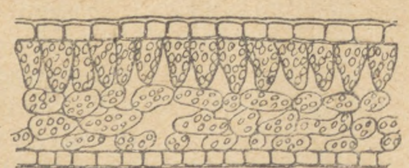
POKAZY tkanki twórczej są bardzo trudne z powodu jej delikatności. Co najwyżej nauczyciel, o ile ma dostateczną do tego wprawę, może na żywym materiale przepołowić wzdłuż młody korzeń jęczmienia lub kukurydzy. Widoczne będą drobne komórki wierzchołka wzrostu i czapeczka. Nie należy do tego brać roślin dwuliściennych, u których granica między czapeczką a wierzchołkiem wzrostu jest niewyraźna.

27. TKANKA MIĘKISZOWA. Z pomiędzy tkanek trwałych najmniej różni się od twórczej tkanka miękiszowa. Komórki jej nie są zbyt wydłużone i mają żywą zawartość. Błony ich o niezbyt dużej grubości składają się z „czystej" celulozy, w każdym bądź razie nie zawierają ligniny. Między komórkami widzi się często przestwory międzykomórkowe.

Tkanka miękiszowa, zwana także w skróceniu m i ę k i s z e m lub p a r e n c h y n ą, jest najważniejszą z tkanek trwałych, gdyż jest jej więcej niż jakichkolwiek innych. W niej odbywają się najważniejsze procesy fizjologiczne, jak przyswajanie pokarmów, gromadzenie zapasów itd. Jest ona mało zróżnicowana. Najważniejszą odmianą, dającą się wyróżnić jest tkanka a s y m i l a c y j n a, którą można od razu poznać po obfitych ciałkach zieleni. W niej, przy współudziale chlorofilu i światła, z dwutlenku węgla i wody, pobranych z otoczenia, stwarzają się substancje organiczne. Tkankę asymilacyjną znajdujemy głównie w liściach jakkolwiek występuje ona także w łodydze, a u wielu tropikalnych roślin nawet w korzeniach, kiedy te wydostają się ponad ziemię. W liściach wielu roślin wyodrębniamy dwa jej rodzaje: p a l i s a d o w ą po górnej stronie, g ą b c z a s t ą — po dolnej (ryc. 72). Tkanka palisadowa składa się z komórek wydłużonych, ustawionych prostopadle do powierzchni rośliny, z pozostawieniem wąskich przestworów międzykomórkowch. Tkankę gąbczastą tworzą komórki nieprawidłowego kształtu pozostawiające obszerne przestwory. Jest rzeczą bardzo ciekawą, że światło sprzyja rozwojowi tkanki palisadowej, jak to szczególnie wyraźnie występuje u buka.



A



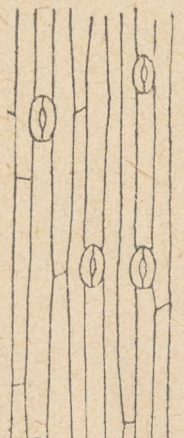
B

Ryc. 72. Buk (*Fagus silvatica*). — *A* Przekrój liscia słonecznego. — *B* Przekrój liscia cieniowego. — Według K n y.

Mniej wyraźną od asymilacyjnej odmianą tkanki miękiszowej jest miękisz **spichrzowy**, który można widzieć np. w bulwach ziemniaka. Komórki jego są ściśle wypełnione ziarenkami skrobi albo innymi materiałami zapasowymi. Silnie wykształcony jest on także w nasionach, w których prawie zawsze gromadzą się obficie materiały zapasowe (ryc. 7). Ciekawą odmianą miękiszu spichrzowego jest tkanka wodna, występująca głównie u roślin krajów gorących, np. u kaktusów. Gromadzi ona zapasy wody.

POKAZY. Oba rodzaje tkanki asymilacyjnej należy zobaczyć na poprzecznym przekroju liścia jakiejkolwiek dwuliściennej rośliny. Należy użyć żywego materiału. Najłatwiej dają się spreparować skrawki z liści oleandra z powodu jego sztywności.

28. TKANKI OKRYWAJĄCE. Jak sama nazwa na to wskazuje, tkanki okrywające mieszczą się na powierzchni rośliny. Chronią one ją przed szkodliwymi wpływami oraz pośredniczą w wymianie materii między nią a otoczeniem.



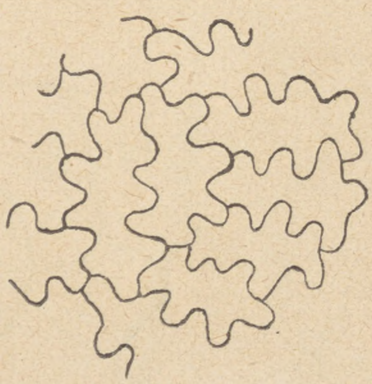
Ryc. 73. Hiacynt (*Hyacinthus orientalis*). Skórka liścia ze szparkami oglądana z powierzchni. — Według Kienitza

Pierwotna forma tych tkanek nosi nazwę **skórki**. Składa się ona z jednej tylko warstwy komórek zbudowanej na pędach inaczej, niż na korzeniach.

Skórka pędów składa się z dwóch rodzajów komórek: z **komórek zwykłych** i mniej licznych **komórek szparkowych**. Komórki zwykłe nie mają ciałek zieleni i są przezroczyste, dzięki czemu prześwieca przez nie zieleń miękiszu asymilacyjnego. Na łodygach i wąskich liściach są one wydłużone (ryc. 73). Na liściach szerszych zarysy ich są faliste (ryc. 74). Błona zewnętrzna u zwykłych komórek skórki jest znacznie grubsza niż u wszystkich innych (ryc. 75). Dzięki temu skórka chroni pędy przed nadmiernym wyparowywaniem wody. Silnie przyczynia się do tego obecność w niej kutyny, substancji trudno przepuszczalnej dla wody. Błona zewnętrzna składa się mianowicie z trzech warstw. Zewnętrzna z nich jest złożona z kutyny i nosi nazwę **nabłonka**. Obie głębsze warstwy są złożone z celulozy, ale kutyna wsiąka w głąb błony i tylko najbardziej wewnętrzna warstwa jest od niej wolna. W związku z ochronną rolą kutyny, w krajach suchych rośliny mają grubszy nabłonek.

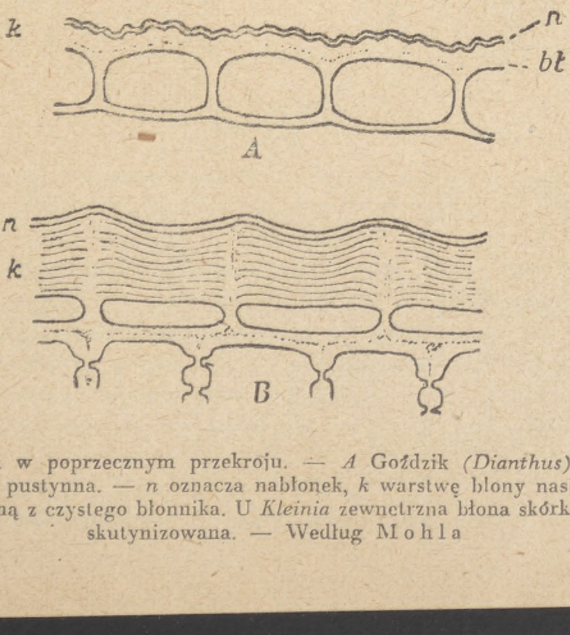
Komórki szparkowe są rozsiane wśród zwykłych komórek skórki pędów i przylegają parami do siebie tworząc ciało o zarysie eliptycznym,

tzw. aparat szparkowy. Komórki te końcami są ze sobą złączone, pośrodku zaś odstają od siebie tworząc wąski otwór, zwany szparką oddechową, od czego pochodzi ich nazwa (ryc. 76). Różnią się one od zwykłych komórek nie tylko swoim kształtem, ale i budową. W protoplazmie ich widzi się ciałka zieleni. Błona jest zgrubiała w pewnych miejscach w inny sposób, niż w komórkach zwykłych. Zgrubienia te są tak rozmieszczone, że przy zmianach ciśnienia osmotycznego szparka rozszerza się w świetle, a zamyka w ciemności. Ma to wielkie znaczenie dla wszystkich roślin, gdyż przez szparki odbywa się wymiana gazów pomiędzy rośliną a otoczeniem: tędy wychodzi para wodna, wchodzi albo wychodzi tlen i dwutlenek węgla. Zwykle w komórkach szparkowych błona tworzy dwa zgrubienia po stronie szparki (ryc. 76*A*). Mechanizm otwierania się i zamykania się szparek będzie opisany w części fizjologicznej tej książki.



Ryc. 74. Buk (*Fagus silvatica*). Skórka z górnej strony liścia bez szparek oglądana z powierzchni. — Według Kny

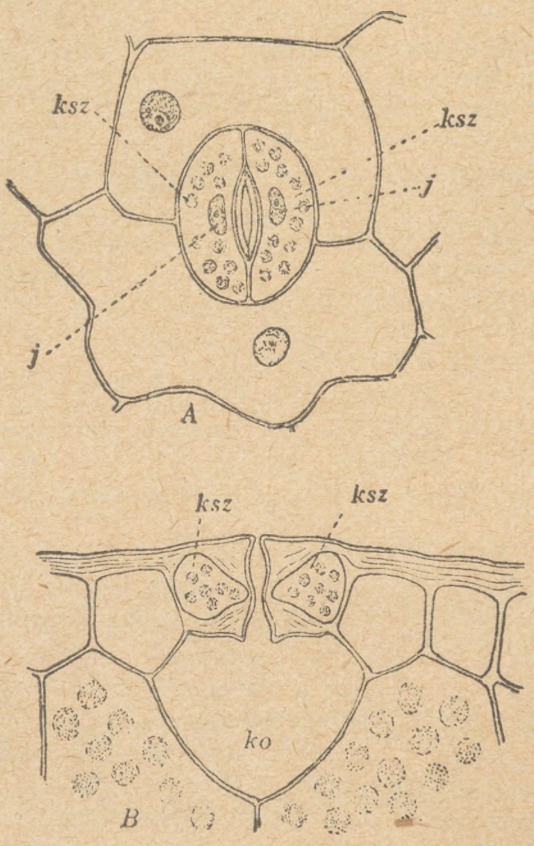
Powierzchnia skórki na pędach tylko w rzadkich wypadkach jest równa. Przeważnie komórki zwykłe tworzą cienkie wyrostki, zwane włoskami o bardzo różnym kształcie i budowie. Jedne z nich pozo-




Ryc. 75. Skórka w poprzecznym przekroju. — *A* Goździk (*Dianthus*). — *B Kleinia neriifolia* roślina pustynna. — *n* oznacza nabłonek, *k* warstwę błony nasiąkniętą kutyną, *bł.* warstwę złożoną z czystego błonnika. U *Kleinia* zewnętrzna błona skórki jest całkowicie skutynizowana. — Według Mohla

stają w łączności z macierzystą komórką skórki, inne oddzielają się od niej przegrodą i same się dzielą. Mogą być proste i rozgałęzione, tarczkowate itp. (ryc. 77 i 78).

Specjalny charakter mają włoski parzące w rodzinie pokrzywowatych *(Urticaceae)*, które można widzieć u naszych pokrzyw

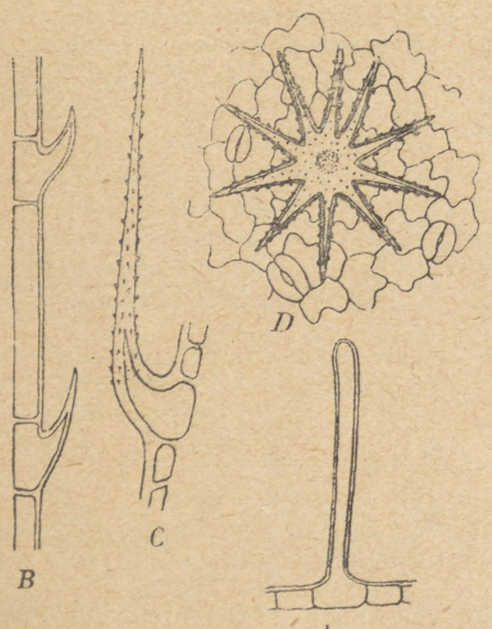



Ryc. 76. Macierzanka *(Thymus Serpyllum)*. Skórka z jedną ze szparek w widoku *(A)* i w przekroju *(B)*; *ksz* komórki szparkowe, *j* jądra, *ko* komora oddechowa. — Wg Kny.

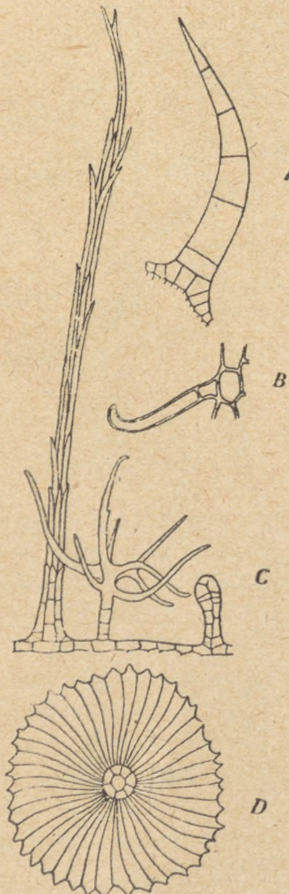
(ryc. 79). Włosek taki jest dużą komórką, osadzoną na wyniosłości utworzonej przez skórkę i tkankę miękiszową. W dolnej części rozszerzona, zwęża się ona stopniowo ku górze tworząc na końcu lekkie nabrzmienie. Błona jest skrzemieniała i krucha, u podstawy końcowego nabrzmienia cienka. Przy dotknięciu nabrzmienie ułamuje się i koniec włoska może wbić się do skóry, wlewając do niej gryzący sok powodujący oparzenie.

Zupełnie inaczej wygląda skórka na korzeniach. Nie spełnia ona tam żadnych zadań ochronnych, służy tylko do pobierania wody. Błony ko

mórek są w związku z tym cienkie, na zewnętrznej powierzchni pokryte warstwą śluzu. Ciałek zieleni naturalnie nie ma. Z pewnej części komórek w drodze uwypuklenia wyrastają cienkie, proste, nierozgałęzione




Ryc. 77. Jednokomórkowe włoski. — *A* Walcowaty włosek z liści fuksji *(Fuchsia)*. — *B* Krótkie szczecinki na brzegu liści żyta *(Secale cereale)*. — *C* Szczecinkowaty włosek u *Onosma simplicissimum*. — *D* Gwiazdkowaty włosek u *Deutzia scabra*; pośrodku przeświecają zarysy krótkiej nóżki. — Według K n y



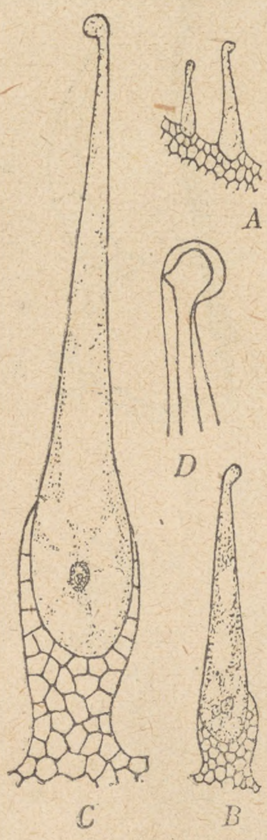

Ryc. 78. Wielokomórkowe włoski. — *A* Z łodygi fasoli *(Phaseolus multiflorus)*. — *B* Z łodygi *Plectranthus fruticosus*. — *C* Z liści jastrzębca *(Hieracium piliferum)*. — *D* Z liścia *Eleagnus*. — Wg d e B a r y, R o t h e r t a i D i p p e l a

włoski, zwane w ł o ś n i k a m i (ryc. 80). Powiększają one kilkakrotnie powierzchnię, przez którą woda wchodzi do korzenia i przeto ułatwiają znacznie pobieranie wody.

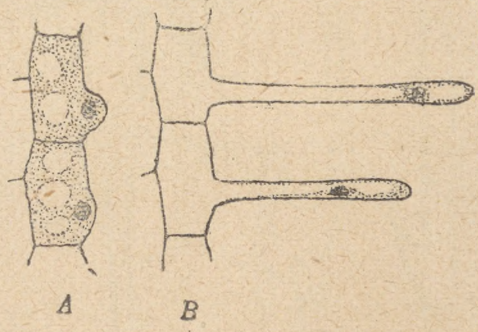
Tkanka okrywająca wtórna przedstawia się zupełnie inaczej. Jest to tkanka korkowa, o której już była mowa (ryc. 1 i 69*a*). Jest ona wielowarstwowa, złożona z płaskich komórek, zamarłych skutkiem przesycenia błon suberyną, która nie przepuszcza wody.

POKAZY. Do oglądania skórki z powierzchni należy zedrzeć kawałek jej z liścia. Trzeba przy tym wybrać roślinę z mocną skórką, np. hiacynt. Na liściach koniczyny, oglądanych wprost na stoliku mikroskopu, dobrze widoczne są komórki. Przekroje poprzeczne dla uwidocznienia nabłonka i budowy komórek szparkowych najlepiej jest robić z liści i łodygi ogrodowego goździka. Dla lepszego uwidocznienia kutyny pożyteczne jest zabarwienie spirytusowym roztworem safraniny. Włoski zwykłe i gruczołowe doskonale widać na brzegu liści. Nie trzeba do tego robić preparatów, tylko oglądać liść wprost na stoliku mikroskopu.

Tkankę korkową można łatwo zauważyć na poprzecznych przekrojach młodych gałązek czarnego bzu.




Ryc. 79. Parzące włoski pokrzywy (*Urtica dioica*). — *A—C* Kolejne stadia rozwojowe. — *D* Szczyt włoska w przekroju podłużnym, pod nim cieńsze miejsce błony, w którym się włos odłamuje. Wg Kny i Haberlandta

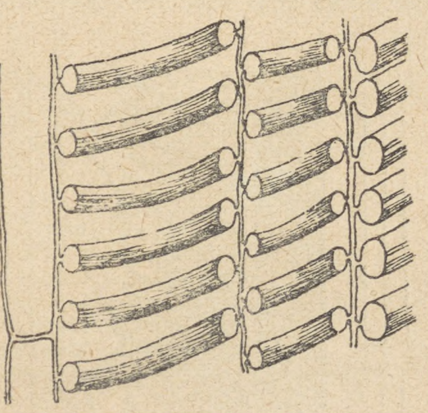



Ryc. 80. Powstawanie włośników ze skórki korzenia. — Według Rotherta

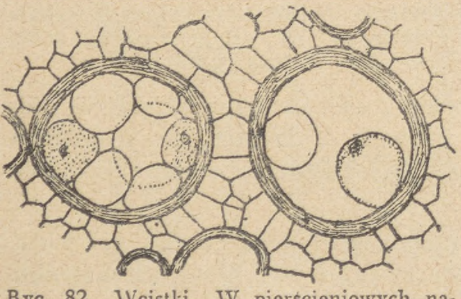
29. TKANKI NACZYNIOWE. Była już o nich mowa przy charakterystyce paprotników i nasiennych. Przewodzą one wodę w roślinie z korzeni do pędów. Wraz z wodą przeprowadzają także rozpuszczalne sole pokarmowe, pobrane z gleby. Komórki ich tylko w stanie młodym mają żywą zawartość, potem są wypełnione wodą z ewentualnym dodatkiem pęcherzyków gazowych. Są one silnie wydłużone z ukośnymi poprzecznymi ściankami. Takiego kształtu komórki noszą nazwę prozenchymatycznych. Innego kształtu komórki nazywają się parenchymatycznymi. Nazwa ta pochodzi od terminu parenchyma, którym, jak już było podane, oznacza się

nieraz tkankę miękiszową. W niej komórki ani nie są zbytnio wydłużone, ani nie mają skośnych ścianek poprzecznych. Prozenchymatyczne komórki tkanki naczyniowej są połączone końcami w sznury, zwane n a c z y n i a m i.

Bardzo charakterystyczną cechą tkanek naczyniowych są zgrubienia bocznych błon, mające kształt listew, przyczepionych do błony po wewnętrznej stronie. Listwy te mają charakterystyczny profil zwężający się na zewnątrz komórki, są skutkiem tego przyczepione do błony wąską powierzchnią i nie krępują ruchu wody przez błonę naczyń (ryc. 81). Składają się one ze zdrewniałego błonnika, przez co nadają błonom naczyń sztywność, jakiej one nie posiadają, ponieważ z powodu braku żywej zawartości nie działa w nich ciśnienie osmotyczne. Ciśnienie takie działa natomiast w sąsiednich żywych komórkach miękiszu. Toteż komórki zostają nieraz wepchnięte do naczyń w miejscach, gdzie błona między listwami jest cienka i niezdrewniała. Dochodzi często do tego, że komórki miękiszu wrastają w naczynia, tworząc tzw. w c i s t k i, które mogą zamknąć naczynie (ryc. 82).



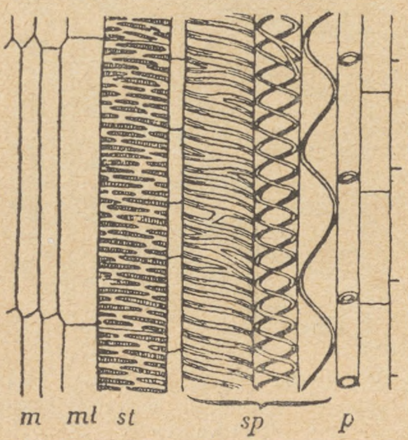
Ryc. 81. Dynia (*Cucurbita Pepo*). Podłużny przekrój spiralnych naczyń. Według R o t h e r t a



Ryc. 82. Wcistki. W pierścieniowych naczyniach dyni. Według M o l i s c h a (*Cucurbito pepo*).

Listwy, wzmacniające błonę naczyń, mogą być różnego kształtu. Pierwsze naczynia, jakie powstają z tkanki twórczej, mają listwy w formie pierścieni (n a c z y n i a p i e r ś c i e n i o w a t e) i spirali [naczynia spiralne (ryc. 83)]. Powstają one w czasie, kiedy dana część rośliny wydłuża się. Wymienione powyżej formy zgrubień nie przeszkadzają wzrostowi: pierścienie rozsuwają się, spirale rozkręcają się. Po zakończeniu wzrostu na długość zjawiają się naczynia s i a t k o w a n e, które już nie mogą rozciągać się. Są one różne. W niektórych formach są podobne do spiralnych: mają listwy spiralne, których zwoje łączą się poprzecznymi mostkami. Oczka sieci są wtedy wydłużone w poprzek naczynia (ryc. 83, st). Częściej jednak listwy są tak rozszerzone, że oczka sieci stają się małe, zaokrąglone i przybierają charakter jamek. Będą to naczynia p u n k t o w a n e (ryc. 84). Jamki

mają kształt lejków, rozszerzających się ku powierzchni, ponieważ listwy, wznawiające błonę, zwężają się na zewnątrz (ryc. 85). Przy oglądaniu z powierzchni kontury wejścia do jamek będą się przedstawiały jako małe kółka albo wieloboki, zaś dno jamek zaznaczy się jako kółka albo wieloboki obejmujące tamte.




Ryc. 83. *Oenothera odorata.* Przekrój promieniowy wiązki naczyniowej; *p* naczynia pierścieniowe, *sp* spiralne, *st* siatkowate (jamki zacieniowane), *ml* młode niewykształcone jeszcze naczynie, *m* miazga, reszta komórek należy do tkanki miękiszowej. — Według Haberlandta

Rozróżniamy dwa rodzaje naczyń: cewki albo tracheidy i naczynia właściwe czyli tracheе. W pierwszym przypadku poprzeczne przegrody są zachowane, w drugim są rozpuszczone. Naczynia właściwe są zatem rurkami bez przegród, które można porównać do przewodów wodociągowych. Są one zwykle o wiele szersze od cewek. Znajdujemy je tylko u roślin okrytonasiennych, podczas gdy cewki występują u wszystkich roślin naczyniowych.

POKAZY. Najlepszym materiałem do zobaczenia naczyń pierścieniowych, spiralnych i siatkowatych są łodygi dyni. Trzeba robić przekroje poprzeczne i podłużne przez wiązki. Naczynia punktowane można zobaczyć na promieniowych przekrojach drewna lipy.

30. TKANKI SITOWE rozprowadzają substancje organiczne, wyprodukowane w tkance asymilacyjnej, głównie w liściach, po wszystkich innych częściach rośliny, m. in. do korzeni. Składają się one z komórek żywych trojakiego rodzaju.

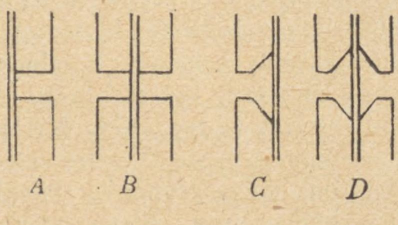
Najważniejsze z nich są prozenchymatyczne i tworzą rurki sitowe, łącząc się końcami na podobieństwo naczyń (ryc. 86). Błony ich są cienkie i składają się tak samo zresztą, jak w innych komórkach tej tkanki, z celulozy. Przegrody w rurkach sitowych są przebite licznymi kanalikami tworząc sita. Wewnątrz oprócz protoplazmy i z trudem dającego się dostrzec jądra, komórki te zawierają gęsty sok komórkowy, zawierający związki azotowe. Substancje koloidalne mają duże drobiny i skutkiem tego nie przenikają przez błony komórkowe, przez sita natomiast łatwo przechodzą. Rurki sitowe stanowią przeto jedyną drogę, którą te substancje mogą poruszać się w roślinie.

Przy rurkach sitowych widzi się nieraz osobliwe komórki towarzyszące. Nie tworzą one nieprzerwanych ciągów i przeto nie mogą brać bezpośredniego udziału w przewodzeniu. Są to komórki siostrzane ko-

mórek rurek sitowych: tworzą się one z tych samych komórek macierzystych, które dzielą się wzdłuż na dwie nierówne części; większa wchodzi w skład rurki sitowej, mniejsza zaś dzieli się poprzecznie i tworzy kilka komórek towarzyszących.



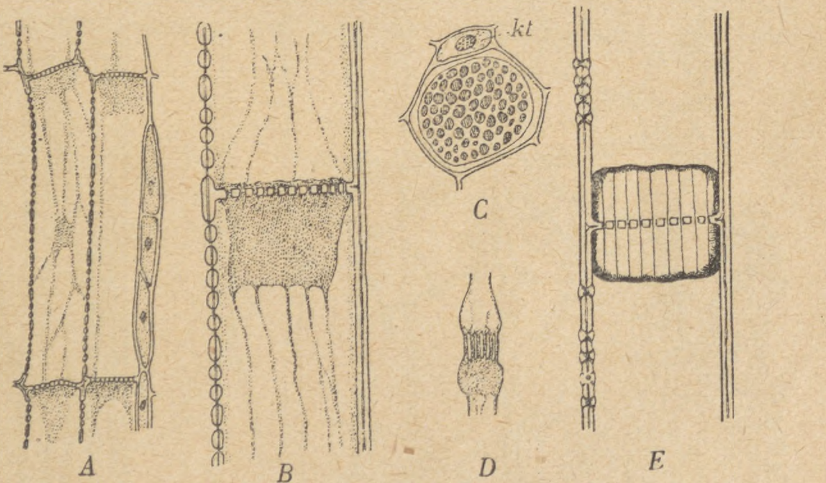
Ryc. 84. Kruszyna *(Rhamnus Frangula)*. Część punktowanego naczynia w przekroju podłużnym; tylna ścianka pokryta lejkowatymi jamkami, boczne ścianki przylegają do włókien, bez jamek. — Wg R o t h e r t a




Ryc. 85. Schematyczne przekroje jamek. — *A* Jamka prosta walcowata. — *B* Dwie naprzeciwko siebie położone jamki proste w sąsiednich komórkach. — *C* Jamka lejkowata. — *D* Dwie naprzeciwko siebie położone jamki lejkowate w sąsiednich komórkach

Trzecim składnikiem tkanki sitowej jest m i ę k i s z s i t o w y o wydłużonych komórkach, który przewodzi tylko substancje o małych drobinach — krystaloidy — takie jak proste cukry.

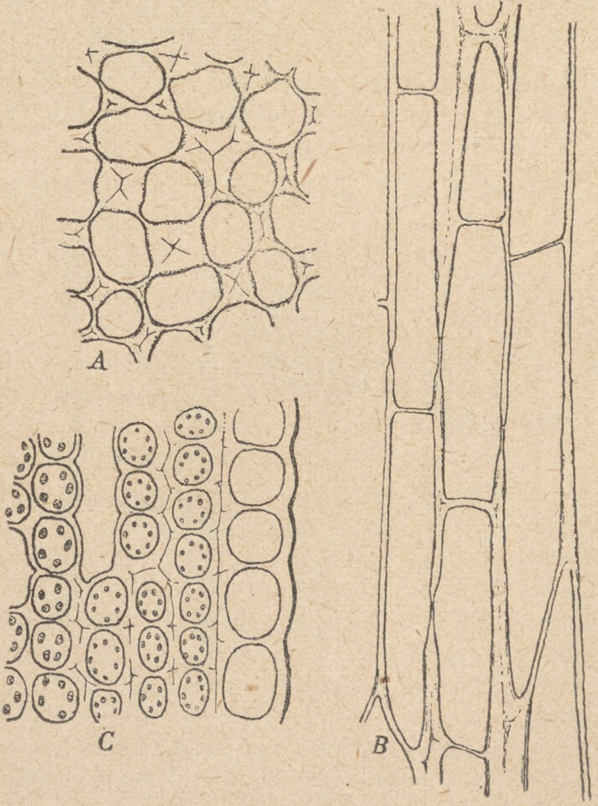
POKAZY. Najlepszym materiałem są łodygi dyni. Robi się przekroje poprzeczne i podłużne.




Ryc. 86. Rurki sitowe dyni *(Cucurbita Pepo)* w schematycznym przedstawieniu. — *A* Dwie rurki sitowe i przylegajacy do niej szereg komórek towarzyszących w podłużnym przekroju. — *B* Część rurki sitowej w silniejszym powiększeniu. — *C* Przekrój poprzeczny rurki sitowej z poprzeczną ścianką w widoku; *kt* komórka towarzysząca. — *D* Zawartość rurki sitowej w pobliżu poprzecznej przegrody po rozpuszczeniu błon komórkowych w kwasie siarczanym. — *E* Rurka sitowa z sitem zasklepionym przez kallozę. — Według R o t h e r t a

31. TKANKI MECHANICZNE. Żywe komórki są dosyć sztywne z powodu ciśnienia osmotycznego, które napina błony. Nie wystarcza to jednak dla nadania roślinom, zwłaszcza większym, należytej wytrzymałości na działanie sił zewnętrznych, np. wiatru oraz na działanie własnego ciężaru. Zadanie to spełniają tkanki mechaniczne dzięki swoim silnie zgrubiałym błonom o drobnych jamkach.

Tkanki te są rozmaite. W młodych pędach widzimy zwarcicę albo kolenchymę, której błony, zawsze złożone z czystej celulozy, są łatwo rozciągliwe (ryc. 87). Nie krępuje ona przeto wzrostu. Komórki kolenchymy są żywe i nawet czasem zawierają ciałka zieleni — wtedy spełnia ona także czynności tkanki asymilacyjnej. Kształt komórek jest prozenchymatyczny. Błona odznacza się nierównomiernością zgrubień, które tworzą się głównie tam, gdzie trzy albo więcej komórek styka się ze sobą. Jamki są wąskie, podłużne, nie zmniejszają przeto wytrzymałości błony.




Ryc. 87. Kolenchyma. — *A—B* Ogonek liściowy szałwii *(Salvia sclarea)* w poprzecznym i podłużnym przekroju. — *C* Ogonek liściowy *(Astrantia major)* przekrój poprzeczny. Według Haberlandta



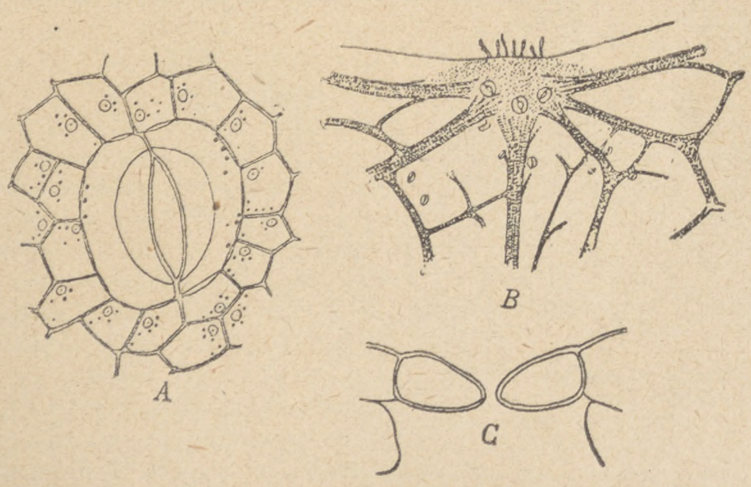
Ryc. 88. Wiązka sklerenchymy w perspektywie. — Według Tschircha

W wyrośniętych częściach rośliny tkanki mechaniczne mają formę twardzicy czyli sklerenchymy. Komórki jej, zwane włóknami, są martwe i mają tak silnie zgrubiałe błony, że wnętrze ich jest bardzo ciasne (ryc. 88). W tych błonach widzi się bardzo wąskie jamki, położone ukośnie, równolegle do siebie. Takie ich ukształtowanie i położenie nie zmniejsza wytrzymałości włókien, gdyż błona w nich składa się ze specjalnie skręconych, cieniutkich włókienek, które przechodzą między jamkami. Włókna są bardzo silnie prozenchymatyczne, np. u lnu długość ich wynosi 5—60 *mm* przy szerokości zaledwie 12—30 $\mu$. Błona ich składa się z celulozy „czystej" lub zdrewniałej. W pierwszym wypadku są one wiotkie i nadają się do wyrobu nici i tkanin, jak u lnu, konopi, juty, w drugim zaś są sztywne jak drewno i nie mogą znaleźć takiego zastosowania.

Twarde powłoki owoców i nasion, np. u orzecha leszczyny, składają się z osobliwej tkanki mechanicznej, tzw. kamiennej. Komórki jej są parenchymatyczne, martwe, z bardzo grubą zdrewniałą błoną, zawierającą dużo substancyj mineralnych. Jamki mają postać rozgałęzionych rurek. Podobne komórki są czasem rozsiane wśród miękiszu grupami, jak u gruszki (ryc. 10) albo pojedynczo jak w liściach herbaty.

POKAZY. Kolenchyma jest dobrze widoczna w łodygach ziemniaka, sklerenchyma zaś w łodygach pokrzywy, lnu lub konopi. Można także zobaczyć komórki kamienne, np. na łupinie orzecha, ale krajanie jest bardzo trudne.

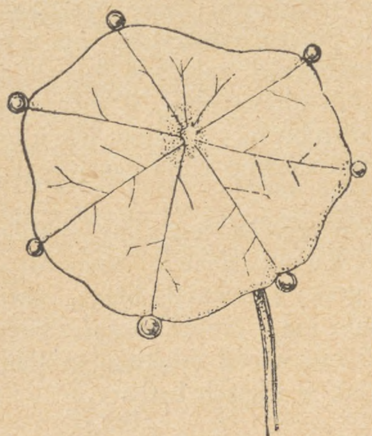
32. TKANKI WYDZIELNICZE wydzielają z rośliny niepotrzebne substancje, np. nadmiar wody, bądź też wytwarzają substancje, które




Ryc. 89. Nasturcja (*Tropaeolum majus*). — *A* Pojedyncza szparka wodna, widziana w silniejszym powiększeniu. — *B* Grupa szparek wodnych na brzegu liścia w słabszym powiększeniu. — *C* Przekrój szparki wodnej. — Według Haberlandta

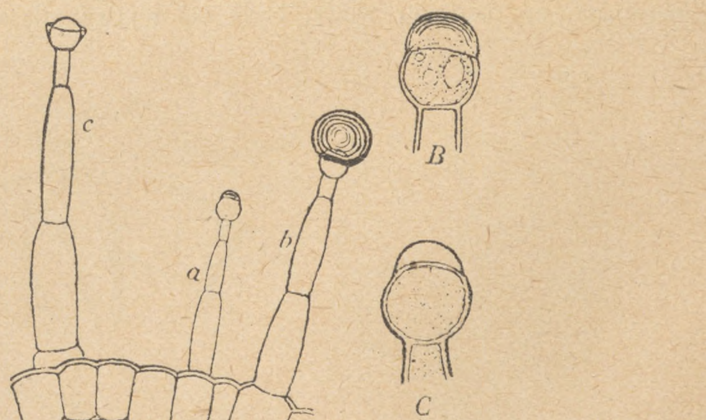
nie ulegają dalszej przeróbce, jak żywice, kauczuk. Zajmują one mało miejsca i czasem mają nawet formę idioblastów, to znaczy pojedynczych komórek.

Liczne rośliny wydzielają w nocy nadmiar wody za pomocą wypotników. Są to przeważnie tzw. szparki wodne, które można łatwo obserwować u nasturcji [*Tropaeolum* (ryc. 89 i 89*a*)]. Szparki te mają aparat szparkowy podobny na pierwszy rzut oka do takiegoż aparatu szparek oddechowych, ale są znacznie większe, o błonach bez zgrubień. Są one stale otwarte. Do tkanek wydzielniczych można zaliczyć także komórki z kryształami szczawianu wapnia (ryc. 9). Usuwają one z obiegu życiowego rośliny nadmiar kwasu szczawiowego, zamieniając go w związek nierozpuszczalny.



Ryc. 89a. Nasturcja (*Tropaeolum majus*). Liść z kroplami wody wydzielonymi przez szparki wodne

W innych przypadkach tkanki wydzielnicze nie usuwają z rośliny nic niepotrzebnego lub szkodliwego. Wytwarzają one różne substancje, które wprawdzie nie są przerabiane,




Ryc. 90. Gruczołowate włoski pierwiosnka (*Primula sinensis*). — *A* Przekrój ogonka liściowego z trzema włoskami, z których jeden (*a*) zawiera pod nabłonkiem niewielką ilość olejku, drugi (*b*) większą jego ilość, zas trzeci (*c*) już ma nablonek pęknięty. — *B* Szczyt włoska w przekroju podłużnym silniej powiększony. — *C* To samo po rozpuszczeniu olejku w alkoholu. — Według de Bary

jednak odgrywają pewną rolę pośrednią w życiu rośliny, jak to jest z olejkami eterycznymi, przywabiającymi owady do kwiatów, albo sokami trawiennymi, wydzielanymi przez rośliny owadożerne.

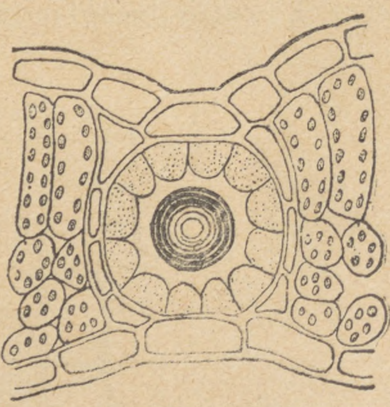
Rozpatrzmy ważniejsze przykłady. Rozpoczniemy od włosków gruczołowych. Są to włoski, które różnią się od zwykłych tym, że na końcu są nabrzmiałe (ryc. 90). Główka składa się z jednej lub




Ryc. 91. Tarczkowaty włosek gruczołowaty chmielu (*Humulus Lupulus*) w przekroju; przed wydzieleniem olejku (*A*) i po wytworzeniu olejku (*B*). — Według de Bary

kilku komórek wydzielniczych. Wydzielany olejek eteryczny gromadzi się pod nabłonkiem i tworzy wydęcie, które w końcu pęka. Włoski takie mogą być także tarczkowate, jak to można widzieć w żeńskich kwiatostanach chmielu (ryc. 91), używanych do wyrobu piwa.

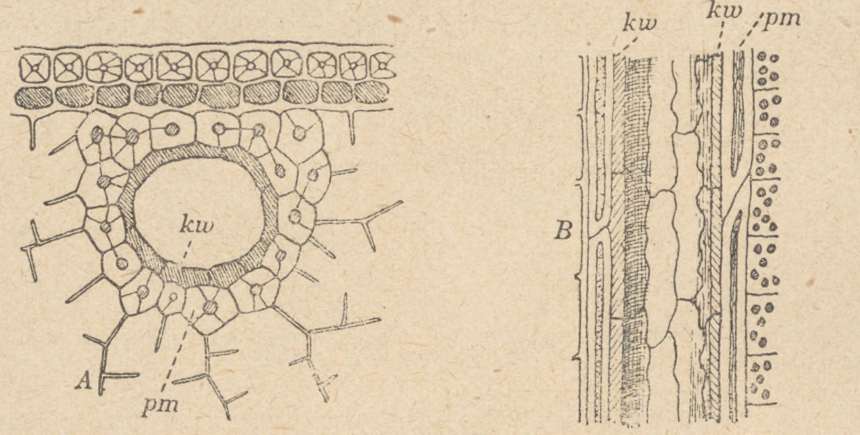
Substancje wytwarzane w komórkach wydzielniczych, w wielu wypadkach przechodzą z nich do przestworów międzykomórkowych, które tworzą się między nimi przez rozklejanie się komórek. Takie przestwory mogą mieć kształt okrągły, jak u dziurawca [*Hypericum* (ryc. 92)], u którego są widoczne gołym okiem jako białawe punkty na liściach. Nieraz są one wydłużone tworząc przewody, jakie możemy zaobserwować u drzew szpilkowych, gdzie są wypełnione żywicą (ryc. 93).



Ryc. 92. Dziurawiec (*Hypericum perforatum*). Przekrój liścia ze zbiornikiem olejku eterycznego. — Według Haberlandta

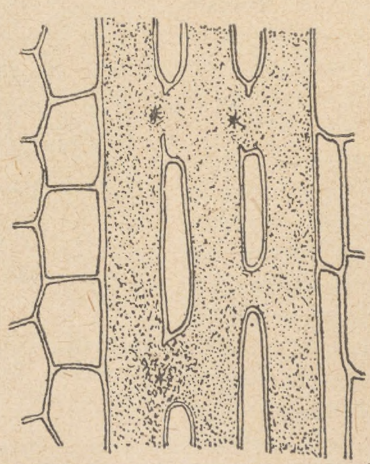
Najciekawszym rodzajem omawianych tkanek są naczynia mleczne. Nazwa ich pochodzi stąd, że zawierają one mętny sok komórkowy, przeważnie białego koloru, który przy zranieniu rośliny obficie wypływa. Dzieje się to dzięki zawartości w nim kropelek różnych nierozpuszczalnych substancyj, m. in. kauczuku. Dlatego też niektóre tropikalne drzewa z naczyniami mlecznymi są używane do otrzymywania kauczuku, np. brazylijska *Hevea*. Naczynia mleczne są dwojakiego rodzaju: siatkowate i gałęziste. Siatkowate tworzą

się przez zlewanie się komórek. Można je widzieć u maku i sałaty (ryc. 94). Gałęziste mają kształt rozgałęzionych rurek, przenikających

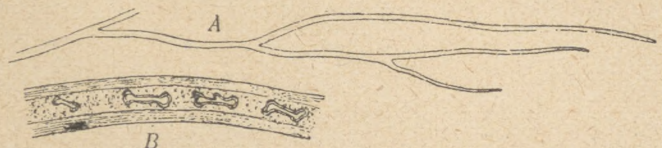



Ryc. 93. Sosna *(Pinus silvestris)*. Przewód żywiczny liścia w przekroju poprzecznym *(A)* i podłużnym *(B)*; *kw* komórki wydzielnicze, *pm* pochwa mechaniczna. — Według Haberlandta.

tkanki miękiszowe danej rośliny, ale o końcach wolnych (ryc. 95). Są one bardzo ciekawe przez to, że ich ilość nie powiększa się w czasie rozwoju rośliny. Rozrastają się one i rozgałęziają się, ale nie tworzą na nowo.



Ryc. 94. Sałata *(Lactuca virosa)*. Siatka rurek mlecznych; gwiazdkami są oznaczone resztki przegród. — Według de Bary




Ryc. 95. Wilczomlecz (*Euphorbia splendens*). *A* Część rurki mlecznej w słabym powiększeniu. — *B* Niewielki jej kawałek silniej powiększony; widoczne są ziarna skrobi dziwnego kształtu. — Według Sachsa

POKAZY. Włoski gruczołowe można zaobserwować na liściach pelargonii i pierwiosnka. Na liściach ruty, oglądanych wprost na stoliku mikroskopu, można widzieć okrągłe skupienia komórek wydzielniczych. Przekroje gałązek świerka doskonale nadają się do zobaczenia przewodów żywicznych.

---

CZĘŚĆ DRUGA

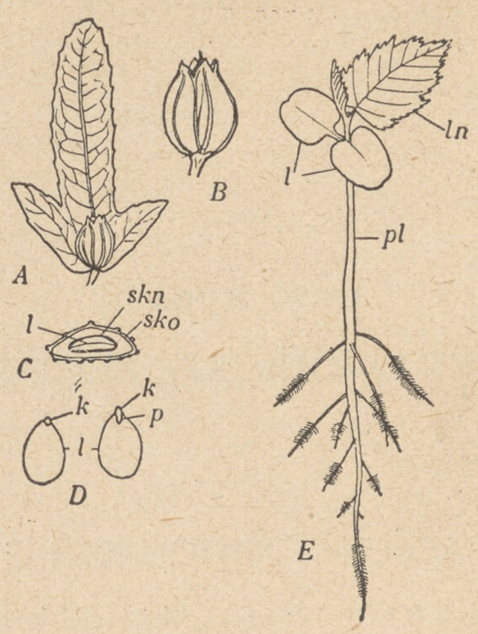
# MORFOLOGIA SZCZEGÓŁOWA

ROZDZIAŁ I

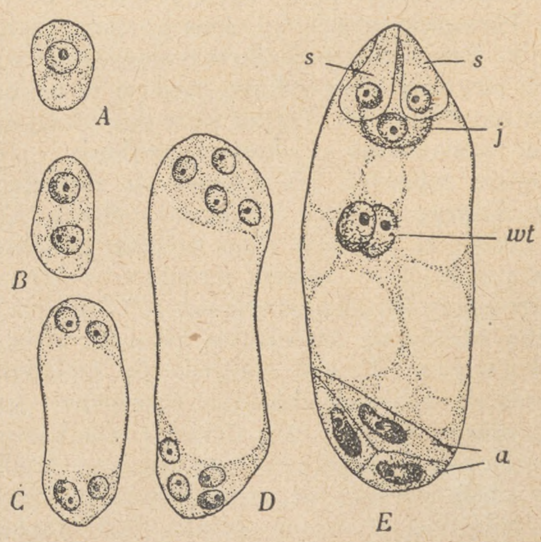
## ROŚLINY OKRYTONASIENNE

33. OGÓLNE UWAGI. W tej drugiej części książki będą bardziej szczegółowo rozpatrywane rośliny, mające poważniejsze znaczenie dla gospodarstwa rolnego i leśnego, mianowicie rośliny nasienne i grzyby. Rozpoczniemy od roślin o k r y t o n a s i e n n y c h. Ich cykl rozwojowy był już ogólnikowo podany w ust. 7. Roślina, po przebyciu okresu spoczynkowego w nasieniu, budzi się do życia czynnego przy jego kiełkowaniu (ryc. 96). Następnie przechodzi okres wzrostu, kiedy wytwarzają się korzenie i pędy. Potem następuje okres rozmnażania: wytwarzają się kwiaty, a w nich powstają nowe rośliny, zawarte w nasionach. Następuje znowu okres spoczynku itd. Trzeba teraz dokładniej opisać ostatnią część tego procesu rozwojowego — okres rozmnażania.

Należy mianowicie zobaczyć jak odbywa się zapłodnienie. Dzieje się to w zalążku, którego budowa została już opisana. Do tego opisu pozostaje tylko dodać, że z trzech form zalążka, przedstawionych na ryc. 68, pierwsza z nich (*A*) — zalążek p r o s t y — jest rzadka. Przeważnie zalążek jest zgięty (*B*) albo odwrócony (*C*). Jak już było podane, w ośrodku zalążka tworzy się haploidalna komórka zwana w o r e c z k i e m z a l ą ż k o w y m. W nim odbędzie się zapłodnienie. Zanim ono nastąpi, odbędą się w nim daleko idące przemiany. Jądro dzieli się trzykrotnie, dając osiem jąder (ryc. 97). Cztery z nich kierują się do jednego końca woreczka zalążkowego, cztery do drugiego. Środek woreczka, który tymczasem silnie wydłuża się, zajmuje wielki wodniczek. Dalej z czwórki jąder, położonej w stronie okienka, trzy otaczają się protoplazmą i odcinają od ogólnej protoplazmy woreczka zalążkowego, jakkolwiek nie tworzą błony komórkowej. W ten sposób powstają trzy komórki: k o m ó r k a j a j o w a i przylegające do niej nieco mniejsze



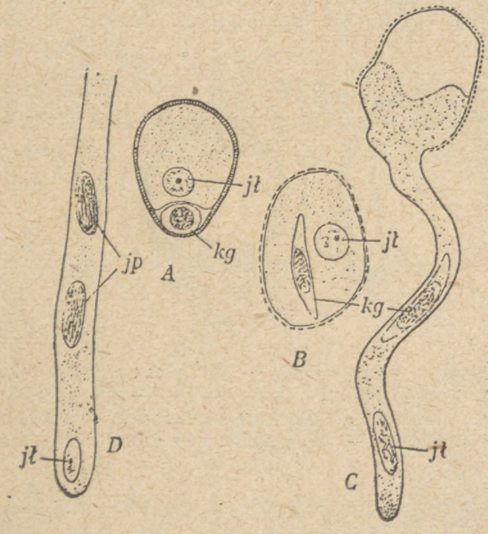

Ryc. 96. Grab (*Carpinus Betulus*). — *A* Orzech z okrywą. — *B* Orzech osobno. — *C* Orzech w przeproju poprzecznym. — *D* Liścienie oddzielone od siebie; w górnej ich części widoczne są korzeń i pączek zarodka. — *E* Młoda roślinka. — Oznaczenia: *sko* skorupa owocu, *skn* lupina nasienia, *l* liścienie, *ln* normalny liść, *p* pączek, *k* korzeń, *pl* podliścieniowa część łodygi. — Według Willkomma i Nolla



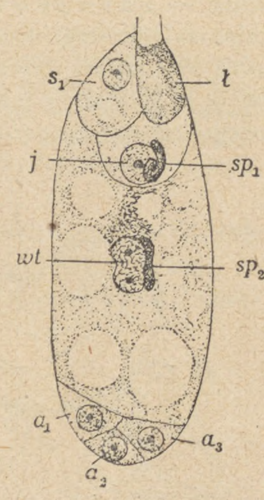

Ryc. 97. Czworolist (*Paris quadrifolia*). Przemiany zawartości woreczka zalążkowego: kolejne podziały jądra i wytworzenie się komórki jajowej (*j*), synergid (*s*), antypodów (*a*) i wtórnego jądra woreczka zalążkowego (*wt*). — Według Ernsta.

synergidy. Podobnie z czterech jąder na drugim końcu woreczka trzy otaczają się protoplazmą i tworzą trzy inne komórki, zwane antypodami. Pozostałe dwa jądra schodzą się w środku i łączą się dając jądro wtórne woreczka zalążkowego. W tym stanie zalążek jest przygotowany do zapłodnienia.

Plemniki potrzebne do tego procesu pochodzą z ziarenek pyłku kwiatowego. Jak już to było podane wyżej, pyłek tworzy się w czterech komorach pylnika, zwanych woreczkami pyłkowymi (ryc. 66). W młodym pylniku widzi się komórki macierzyste pyłku, otoczone bardzo osobliwą warstwą wyściełającą, której w dojrzałym pylniku nie ma, bo komórki jej zużywają się jako pokarm dla rozwijającego się pyłku. Z każdej komórki macierzystej wytwarzają się cztery ziarenka pyłku przez podział redukcyjny i następujący po nim zwykły kariokinetyczny. Ziarenka pyłku są zatem haploidalne. Mają one podwójną błonę. Po wykształceniu pyłku ścianki pylnika pękają w dwóch miejscach; przez każde pęknięcie wysypuje się pyłek z dwóch komór.



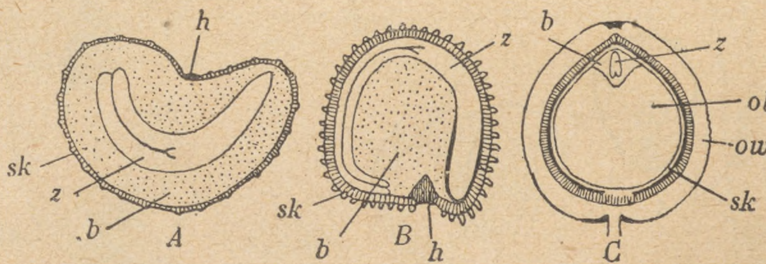

Ryc. 98. Lilia *(Lilium Martagon)*. Kolejne stadia kiełkowania pyłku; *kg* komórka generatywna; *jł* jądro łagiewkowe, *jp* jądra plemnikowe (protoplazma plemników nieuwidoczniona). — Według Strasburgera




Ryc. 99. Lilia *(Lilium Martagon)*. Podwójne zapłodnienie. Jedno z męskich jąder $(sp_1)$ znajduje się obok jądra komórki jajowej *(j)*, drugie zaś $(sp_2)$ obok tworzącego się wtórnego jądra woreczka zalążkowego *(wt)*. *ł* koniec łagiewki, $s_1$ jedna z synergid; $a_1$, $a_2$, $a_3$ — antypody. Według Guignarda.

Ziarenka pyłku stanowią początkowo pojedyncze komórki. Zanim jednak wysypią się, już ulegają podziałowi na dwie nierówne komórki (ryc. 98): większą łagiewkową i mniejszą generatywną, które

zresztą nie oddzielają się od siebie błoną. Komórka generatywna wkrótce wchodzi do protoplazmy komórki łagiewkowej przyjmując formę wrzecionowatą. Skoro pyłek znajdzie się na znamieniu, jego zewnętrzna błona pęka, a komórka łagiewkowa, otoczona błoną wewnętrzną, zaczyna rozrastać się wytwarzając łagiewkę (od czego pochodzi jej nazwa). Do łagiewki przenika protoplazma komórki łagiewkowej wraz z jądrem, a następnie i komórka generatywna. Protoplazma jej rozpływa się wkrótce i miesza się z protoplazmą komórki łagiewkowej. Jednocześnie komórka generatywna dzieli się dając dwa plemniki, złożone z jąder otoczonych niewyraźną protoplazmą. Zapłodnienie następuje wtedy, kiedy łagiewka dojdzie do woreczka zalążkowego, przez okienko lub przez podstawę zalążka, zwaną osadką albo chalazą (ryc. 67). Jądra plemnikowe przechodzą wówczas, unoszone przez protoplazmę, do woreczka zalążkowego. Jedno z nich łączy się z jądrem komórki jajowej, drugie zaś z wtórnym jądrem woreczka zalążkowego (ryc. 99). Powstają w rezultacie dwie zygoty. Pierwsza z nich da początek nowej diploidalnej roślinie — zarodkowi, a druga przy współudziale protoplazmy woreczka zalążkowego wytworzy bielmo — tkankę, w której nagromadzą się zapasy pożywienia (przeważnie tłuszcze albo skrobia). Zapasy te będą służyły młodej roślince, gdy po przebyciu okresu wypoczynkowego zacznie rosnąć (ryc. 100). W miarę pomnożenia komórek, wo-




Ryc. 100. *A* Przekrój nasienia maku (*Papaver somniferum*). — *B* To samo dla kąkolu (*Agrostemma Githago*). — *C* Pieprz (*Piper nigrum*). Przekrój owocu. — Oznaczenia: *ow* powłoka owocu, *sk* łupina nasienia, *b* bielmo, *ob* obielmie, *z* zarodek, *h* znaczek (miejsce przyczepienia sznureczka) — Według Harza

reczek zalążkowy rozwija się kosztem otaczającej go tkanki ośrodka. Ośrodek zostaje przy tym zazwyczaj całkowicie zużyty. U niektórych tylko roślin, m. in. u pieprzu, część tkanki ośrodka zostaje i wypełnia się zapasami, tworząc dodatkowe bielmo, tzw. obielmo.

W sposób opisany powyżej, w związku z podwójnym zapłodnieniem, odbywającym się w woreczku zalążkowym, zalążek przemienia się w nasienie. W woreczku zalążkowym tworzą się główne części składowe nasienia: zarodek, czyli młoda roślinka i bielmo. Z osłonek powstaje ochronna łupina nasienna.

Zarodek posiada przeważnie wszystkie główne części składowe rośliny: korzonek i króciutką łodyżkę z wierzchołkiem wzrostu i jednym lub dwoma liśćmi. Te pierwsze liście różnią się od liści zwykłych swoim prostym kształtem i brakiem zieleni. Otrzymały one przeto specjalną nazwę liścieni. Bardzo ważną cechą jest ich ilość, gdyż wiąże się ona z wieloma innymi cechami. Stąd pochodzi podział roślin okrytonasiennych na dwie gromady: jednoliścienne *(Monocotyledones)* i dwuliścienne *(Dicotyledones)*, o których będzie mowa w następnych dwóch rozdziałach.

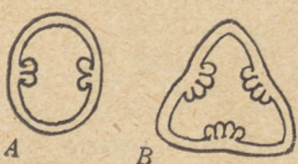
Liczne rośliny tworzą nasiona bez bielma. Wtedy zapasy pożywienia gromadzą się w liścieniach. Liścienie przeto w takich nasionach są duże i grube, jak np. u graba (ryc. 96), grochu, kapusty. U storczyków uproszczenie w budowie nasion jest posunięte jeszcze dalej. Nie ma w nich ani zarodka, ani bielma — składają się one z nielicznych miękiszowych komórek otoczonych łupiną. Ciekawe jest ich kiełkowanie, opisane dalej w ust. 40.

POKAZY. Dla zapoznania się z budową nasion trzeba wybierać nasiona duże: dla bielmowych — rącznik, dla bezbielmowych groch, fasolę, albo bób. Są to dwuliścienne, dla jednoliściennych trzeba wziąć cebulę, pomimo tego, że nasiona są drobne. Ziarna zbóż nie nadają się, bo w nich nie widać liścienia. Najlepiej widzi się budowę, kiedy zacznie się kiełkowanie. Części nasienia pomimo niewielkich wymiarów dają się łatwo obserwować na młodych kiełkach.

34. BUDOWA KWIATÓW. Jest ona u roślin okrytonasiennych tak rozmaita, że wymaga dodatkowych objaśnień, a to tym bardziej, że stanowi dla poszczególnych gatunków i grup cechę najbardziej stałą, najbardziej charakterystyczną.




Ryc. 101. Przekroje zalążni o środkowych łożyskach. — *A* Skalnica *(Saxifraga)*. — *B* Fritillaria




Ryc. 101a. Przekroje zalążni o łożyskach ściennych. — *A* Jaskółcze ziele *(Chelidonium majus)*. — *B* Bratek *(Viola tricolor)*

Poznaliśmy już budowę kwiatów okrytonasiennych na przykładzie jaskra. Przykład ten został wybrany dlatego, że budowa kwiatu u tej rośliny jest szczególnie przejrzysta. Jednakże pod niektórymi względami jest ona wyjątkowa. Przede wszystkim liczne owocolistki tego kwiatu są wolne. U innych roślin, daleko częściej, zrastają się one ze sobą w jeden słupek. Zazwyczaj odbywa się to w ten sposób, jak gdyby każdy owocolistek tworzył osobny słupek, a wszystkie słupki zrosły się w jeden. W ten sposób zalążnia będzie miała tyle komór, ile było owocolistków (ryc. 101). Ilość owocolistków zaznacza się przy tym

często zewnętrznie skutkiem tego, że górne części ich nie zrastają się tworząc tyle szyjek, ile jest owocolistków. Zdarza się czasem, że owocolistki zrastają się brzegami — lewy brzeg jednego z prawym brzegiem sąsiedniego — tworząc zalążnię jednokomorową (ryc. 101*a*). W ten sposób, na przykład u traw i zbóż, powstaje jednokomorowa zalążnia z dwóch owocolistków, których ilość zdradzają dwie szyjki.

Jest jeszcze jedna osobliwość w kwiatach jaskra. Jego części składowe są osadzone na dnie kwiatowym, każdy na innym poziomie. Nie łatwo jest to stwierdzić z powodu gęstego skupienia tych części. Płatki zwłaszcza wydają się być na jednym poziomie, tak samo i działki. Trzeba dobrze przyjrzeć się, by się przekonać, że tak nie jest. Taki układ części kwiatów nosi nazwę s p i r a l n e g o, bowiem, jeżeli przeprowadzimy linię od najniżej położonej z tych części kolejno do położonych coraz wyżej, to linia ta będzie owijała się spiralnie dookoła dna kwiatowego. Jest to zjawisko rzadkie. Najczęściej części kwiatu są umieszczone po kilka razem na jednym poziomie tworząc o k ó ł e k. Takich okółków jest kilka. Na przykład u tulipana (ryc. 102) mamy dwa jednakowe okółki listków okwiatu, który jest cały barwny, dwa okółki pręcików i jeden okółek owocolistków zrośniętych w pojedynczy słupek. Okółki są trzyczłonowe i przeto zalążnia ma trzy komory.


Ryc. 102. Kwiat tulipana

Rozmaitość w budowie kwiatów jest powodowana poza tym przez różne ukształtowanie dna kwiatowego. U jaskra i tulipana jest ono wypukłe przeto słupki względnie słupek jest osadzony powyżej innych części kwiatu. Takie kwiaty noszą nazwę p o d z a - l ą ż n i o w y c h. Bywa też inaczej: dno kwiatowe może być wklęsłe i wtedy utworzy coś w rodzaju kubka. Słupek będzie mieścił się na dnie tego kubka, a pręciki i okwiat na jego brzegach. Jeżeli przy tym słupek będzie wolny, jak to jest np. u wiśni, to kwiat będzie o k o ł o z a l ą ż n i o w y. Jeżeli zaś zalążnia przyrośnie do ścianek kubka, jak to jest np. u jabłoni, to kwiat będzie nazywał się n a d z a l ą ż n i o w y. Zalążnia wolna w kwiatach pod- i okołozalążniowych nazywa się g ó r n ą, zrośnięta z dnem kwiatowym — d o l n ą. Wszystkie te odmiany w budowie kwiatu bardzo wyraźnie występują w rodzinie różowatych (ryc. 103).

Na tym jeszcze nie kończy się rozmaitość w budowie kwiatów u roślin okrytonasiennych. Trzeba również wziąć pod uwagę formę okwiatu. Prawie zawsze wykazuje on prawidłową symetrię, tak że można przeprowadzić przez środek kwiatu i oś końcowej części łodygi, tzw. s z y - p u ł k ę, przynajmniej jedną płaszczyznę, dzielącą okwiat na równe połowy. Najczęściej takich płaszczyzn można przeprowadzić 2, 3, 5, cza-

sem nawet więcej. Będą to kwiaty promieniste, np. u jaskra, tulipana. Rzadziej okwiat ma tylko jedną płaszczyznę symetrii, jak u bratka i tojada (ryc. 104). Będą to kwiaty grzbieciste.




Ryc. 103. Kwiaty różowatych w przekroju. — *A* Poziomka (*Fragaria vesca*). — *B* Róża (*Rosa spinosissima*). — *C* Śliwa (*Prunus communis*). — *D* Grusza (*Pirus communis*). Według Baillona

Rozmaitość w budowie kwiatów pochodzi jeszcze ze zrastania się poszczególnych części, różnych ich ilości, różnej budowy słupka itd. Ważniejsze przypadki będą rozpatrzone w dwóch następnych rozdziałach. Ażeby ułatwić przedstawienie tych rzeczy, używa się jako środków: rysowania diagramatów, czyli narysów oraz układania wzorów kwiatowych.

Diagramat jest to schematyczny przekrój poprzeczny kwiatu. Przekrój ten w pręcikach prowadzi się przez pylniki, w słupkach — przez zalążnie z zaznaczeniem jej budowy. Poza tym narys służy do przedstawienia ilości i układu listków okwiatu.

Wzory kwiatowe podają tylko ilość części kwiatu. W nich literą *P* oznacza się okwiat, jeżeli jest on zróżnicowany — kielich oznacza się przez *K*, koronę przez *C*. Dalej dla pręcików przyjmuje się symbol *A*, dla owocolistków — *G*. Za tymi znakami pisze się



Ryc. 104. Grzbieciste kwiaty tojadu (*Aconitum Napellus*)

liczby oznaczające ilości danych części składowych kwiatu. Liczbę dużą oznacza się matematycznym symbolem nieskończoności ∞. Ilość części w danym okółku podaje się osobno, łącząc odnośne liczby znakiem +. Zrośnięcie części kwiatów zaznacza się przez ujęcie liczby w nawias. W ten sposób będziemy np. mieli wzory kwiatowe: dla jaskra K5 C5 A ∞ G ∞, a dla tulipana P3+3 A3+3 G(3).

ROZDZIAŁ II

# ROŚLINY JEDNOLIŚCIENNE

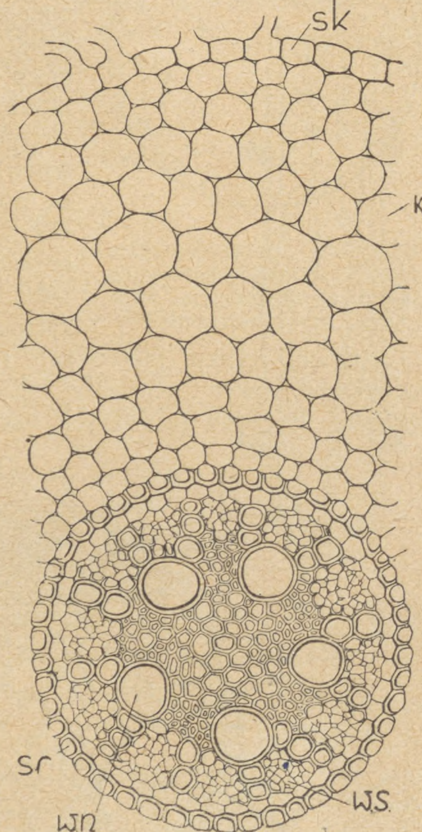
35. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA. Jak na to wskazuje nazwa, rośliny jednoliścienne mają w zarodku jeden tylko liścień. Jest to jednak cecha trudna do stwierdzenia. Inne cechy są łatwiejsze do obserwowania. Przede wszystkim liście ich są bardzo charakterystyczne: wydłużone o równym brzegu i równoległym unerwieniu, jak to szczególnie wyraźnie występuje u traw i zbóż. Tylko palmy i niektóre inne jednoliścienne rośliny, prawie wyłącznie tropikalne, mają liście innej postaci. Następnie jednoliścienne nie mają, poza nielicznymi wyjątkami, przyrostu na grubość. Są to przeważnie rośliny zielne, z pędami nadziemnymi, ginącymi na zimę. U palm, mających postać drzew, przyrost na grubość ogranicza się tylko do rozrastania się komórek tkanek pierwotnych. W budowie kwiatów można także stwierdzić cechę charakterystyczną: mają one budowę okółkową z trzykrotnymi okółkami, czego przykładem może służyć opisany w poprzednim ustępie tulipan. Są także inne cechy charakterystyczne, np. w urządzeniu korzeni. Wszystko to wymaga bardziej szczegółowego omówienia, czemu są poświęcone następne ustępy.

36. KORZEŃ. System korzeniowy u roślin jednoliściennych jest rozwinięty słabiej, niż u dwuliściennych. Korzeń główny, charakterystyczny dla wszystkich nasiennych, prędko ginie albo, jeżeli nawet zachowuje się, jak u pszenicy, to nie ma większego znaczenia. Główną rolę w zaopatrywaniu rośliny w wodę odgrywają liczne korzenie przybyszowe, wyrastające z dolnej części pędów, mocniejsze od korzenia głównego. Można to widzieć dobrze u pszenicy (ryc. 105).

Budowa korzeni u roślin jednoliściennych jest zasadniczo taka sama, jak u innych nasiennych. Widzieliśmy już, że na końcu korzenia mieści się tkanka twórcza pierwotna, która powoduje wzrost na długość. Jest ona chroniona przez czapeczkę. Powyżej mamy część korzenia niewielkiej długości, o gładkiej powierzchni, w której odbywa się wydłużanie się korzenia i zarazem przemiana tkanki twórczej w różne tkanki trwałe, które znajdziemy w wyższych jeszcze częściach korzenia. W nich po-

wierzchnia korzenia nie będzie równa; skóra z tej części korzenia wytwarza włośniki, które już poznaliśmy w ust. 28. Ponieważ są one nietrwałe, w najwyższych częściach korzenia już ich nie znajdujemy.

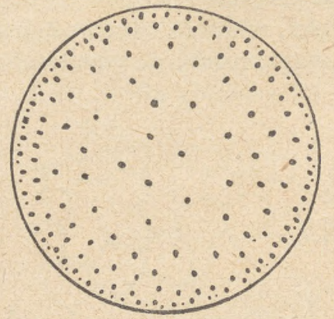
Jeżeli zrobimy przekrój poprzeczny tej części, w której wzrost korzenia został zakończony, będziemy mieli obraz następujący: na powierzchni znajduje się skórka z włośnikami; głębiej mieści się grubsza lub cieńsza warstwa tkanki miękiszowej stanowiąca k o r ę p i e r w o t n ą. Ta ostatnia jest bardzo wyraźnie oddzielona od środkowej części, zwanej w a l c e m o s i o w y m, przez osobliwą warstwę komórek, tzw. ś r ó d s k ó r n i ę. Komórki jej odznaczają się zgrubieniami w środkowej części promienistych błon, albo silnym całkowitym zgrubieniem tych błon, wraz z błonami wewnętrznymi. W walcu osiowym znajdujemy poza tkanką miękiszową, która jest wszędzie, tkankę naczyniową i sitową. Są one oddzielone od śródskórni warstwą miękiszu, która otrzymała nazwę o k o l n i c y. Przy niej od wewnątrz w równych odstępach różnicują się z tkanki twórczej skupienia wspomnianych tkanek, na przemian sitowej i naczyniowej. Różnicowanie to postępuje ku środkowi tworząc wśród miękiszu wiązki sitowe i naczyniowe. Wiązki naczyniowe sięgają znacznie dalej ku środkowi korzenia i nieraz łączą się z sobą w środku. Im później naczynie wytworzyło się, tym jest szersze, przeto przy okolnicy naczynia są wąskie, ku środkowi korzenia coraz szersze. Ilość wiązek sitowych i równa jej ilość naczyniowych bywa różna, przeważnie znaczna — np. w głównym korzeniu pszenicy wynosi najczęściej 7 lub 8 zależnie od odmiany (w korzeniach przybyszowych więcej), u kukurydzy 14, a może dochodzić do kilkudziesięciu.



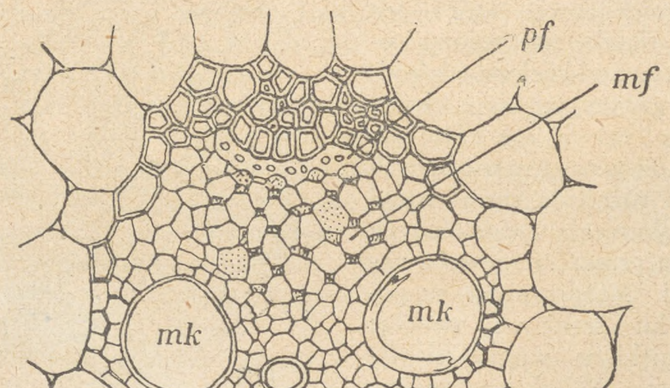

Ryc. 105. Przekrój poprzeczny korzenia pszenicy. *sk* — skórka, *k* — kora pierwotna, *śr* — śródskórnia, *wn* — wiązka naczyniowa, *ws* — wiązka sitowa. — Oryginalna rycina T. S z y n a l a

POKAZY. Budowę korzenia można łatwo zobaczyć na korzeniach cebuli albo kukurydzy.

37. PĘD. Łodyga jednoliściennych ma budowę następującą: Pod skórką, opatrzoną szparkami oddechowymi, przebiegają wśród miękiszu, w różnej odległości od środka wiązki, złożone nie z samej tylko tkanki sitowej czy naczyniowej, jak w korzeniu, lecz z obu tych tkanek. Są to więc wiązki sitowo-naczyniowe. Na poprzecznym przekroju łodygi są one rozsiane, skupiając się nieco przy obwodzie (ryc. 106). W wiązkach tych tkanka sitowa mieści się po stronie zewnętrznej, naczyniowa po wewnętrznej (ryc. 107). Pierwsza różnicuje się począwszy od zewnętrznej części wiązki dośrodkowo, druga — od wewnętrznej części odśrodkowo. Pierwsze rurki sitowe i pierwsze naczyniowe ulegają zniszczeniu w czasie wzrostu i widoczne są w resztkach. Przy pierwszych naczyniach widać duży przestwór międzykomórkowy, powstały skutkiem zniszczenia przylegającego miękiszu. Po tych pierwszych naczyniach widzimy późniejsze, coraz



Ryc. 106. Kukurydza *(Zea Mays)*. Przekrój poprzeczny łodygi z zaznaczonymi wiązkami sitowo-naczyniowymi



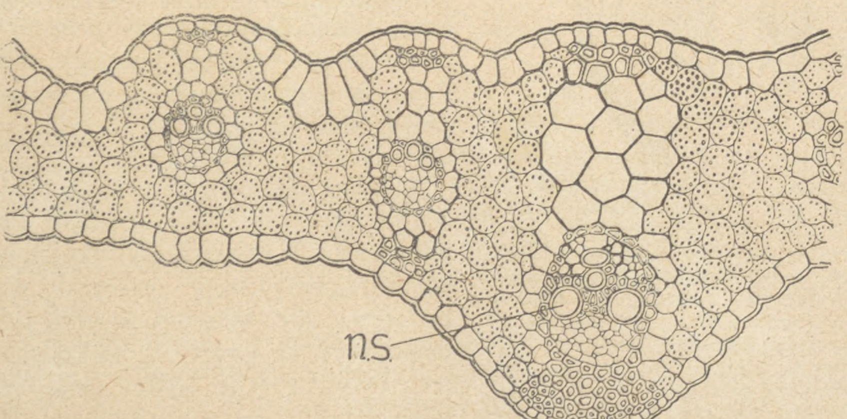

Ryc. 107. Przekrój wiązki sitowo-naczyniowej kukurydzy *(Zea Mays)*, *pk* pierwsze nieczynne już naczynia, *mk* późniejsze naczynia, *pf* pierwsze zniszczone już rurki sitowe, *mf* późniejsze rurki sitowe. — Według Strasburgera

szersze. Tkanka sitowa składa się z rurek sitowych i komórek towarzyszących, bez miękiszu sitowego. Przy wiązkach wytwarza się zwykle ochronna tkanka mechaniczna. Czasem w otaczającym miękiszu błony grubieją i drewnieją i wtedy łodyga staje się mocna i twarda, jak np. u palm i bambusów. Nie rośnie ona na grubość, bo nie wytwarzają się w niej tkanki wtórne. Jeżeli grubieją, to tylko skutkiem rozrastania się komórek tkanek pierwotnych, z których się składa. Jeden z rzadkich wyjątków stanowi drzewo smocze *(Dracaena Draco)* na wyspach Kanaryjskich. Pień tej rośliny rośnie na grubość, w inny zresztą sposób, niż u drzew liściastych i szpilkowych.



Ryc. 108. Przebieg wiązek w łodydze jednoliściennej rośliny. Liście są odcięte u nasady. Według Rostafińskiego

Z licznych wiązek łodygi niektóre wchodzą do liści i są zastępowane przez odgałęzienia pozostałych. Wyginają się one przy tym na zewnątrz i przyjmują położenie mniej lub więcej zbliżone do poziomego (ryc. 108). W ten sposób po przejściu do liścia część sitowa ich znajdzie się w dole wiązki, naczyniowa zaś w górze. W blaszce liściowej wiązki wchodzą do nerwów grubszych od innych jej części. Nerwy przebiegają w liściach roślin jednoliściennych równolegle, łącząc się ze sobą poprzecznymi mostkami. We wstęgowatych blaszkach traw i zbóż równoległość ta jest zupełna, w owalnych, jak np. u tulipana, konwalii — niecałkowita. Na końcu liścia nerwy łączą się. Tylko u palm i niektórych innych roślin jednoliściennych, głównie tropikalnych, przebieg nerwów jest inny, przypominający rośliny dwuliścienne. W nerwach

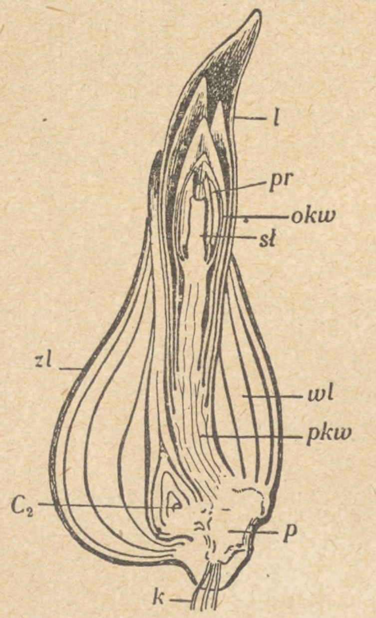



Ryc. 109. Przekrój poprzeczny liścia pszenicy. *ns* — nerw środkowy. — Oryginalna rycina T. Szynala

przy wiązkach wykształca się, nieraz nawet obficie, tkanka mechaniczna. W cienkich miejscach blaszki, między nerwami, widzimy na przekrojach tkankę asymilacyjną, zazwyczaj tylko gąbczastą — palisady na ogół nie wytwarzają się (ryc. 109). Powierzchnia liścia jest oczywiście pokryta skórką.

POKAZY. Można wziąć kukurydzę, tulipan albo czosnek.

38. KWIAT. Jak już to było zaznaczone w ust. 35, kwiaty roślin jednoliściennych są zbudowane okółkowo. Okółki są zwykle trójczłonowe. Części sąsiednich okółków są przy tym ustawione na przemian. Okwiat składa się zwykle z dwóch okółków — pręciki tworzą jeden albo dwa — owocolistki jeden. Kwiaty są podzalążniowe, albo nadzalążniowe, okołozalążniowych nie spotyka się.



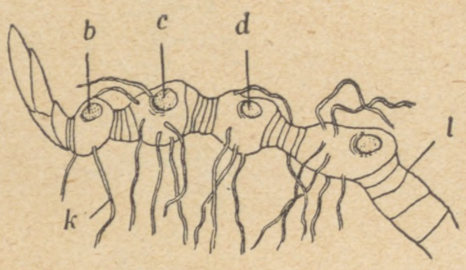

Ryc. 110. Cebula tulipana *(Tulipa praecox)*. Przekrój podłużny cebuli z wyrastającym z niej pędem kwiatowym; *p* skrócona łodyga cebuli (piętka), *k* korzenie przybyszowe wyrastające z niej, *zl* zewnętrzne suche łuski ochronne cebuli, *wl* wewnętrzne soczyste łuski, *pkw* pęd kwiatowy, *sł* słupek kwiatu, *pr* pręciki, *okw.* listki okwiatu, *l* liście pędu kwiatowego, $C_2$ nowa cebula z zapasami dla przyszłego sezonu wegetacyjnego. — Według S a c h s a

Inne osobliwości kwiatów jednoliściennych poznamy na przykładach w następnych ustępach, w których rozpatrzymy dwa najważniejsze rzędy tej gromady: l i l i o w e *(Liliiflorae)* i p l e w o w e *(Glumiflorae)* oraz ważniejsze rośliny innych rzędów.

39. LILIOWE stanowią najbardziej typową grupę roślin jednoliściennych. Kwiaty ich, złożone z trójczłonowych okółków, mają typowe dla roślin jednoliściennych ukształtowanie, które poznaliśmy na przykładzie tulipana (ryc. 102). Owocem jest przeważnie t o r e b k a — suchy pękający owoc. Pęka on u omawianych roślin na trzy części. Nasiona posiadają soczyste bielmo zawierające tłuszcze.

Główną rodziną tego rzędu są l i l i o w a t e *(Liliaceae)* liczące około 2 800 gatunków. Dla charakterystyki ich wystarczy przytoczony powyżej wzór kwiatowy dla tulipana z tym tylko dodatkiem, że kwiaty są podzalążniowe. Do tej rodziny należy dużo roślin powszechnie znanych: tulipan, lilia, konwalia, hiacynt — z uprawnych cebula, czosnek i szparag.

Bardzo ciekawe są pędy podziemne u liliowatych: c e b u l e i k ł ą c z a. Cebule mają krótką stożkowatą łodygę, zwaną p i ę t k ą (ryc. 110). Ze szczytu piętki wyrasta nadziemny pęd — z boków liczne, grube, przylegające do siebie liście, ł u s k i. W dół odchodzą liczne korzenie przybyszowe. Łuski zawierają zapasy pożywienia, które umożliwiają na wiosnę rozwinięcie się pędu nadziemnego z kwiatami. Stają się one wtedy coraz cieńsze i marnieją stopniowo. Pomiędzy nimi wyrasta z piętki krótkie odgałęzienie, rozrastające się stopniowo w nową cebulę, w której z cukrów, wyprodukowanych przez zielony nadziemny pęd, gromadzą się zapasy dla przyszłorocznego nadziemnego pędu. Bardzo rozpowszechnione u liliowatych i innych liliowych cebule rzadko spotyka się u innych roślin.




Ryc. 111. Kokoryczka (*Polygonatum multiflorum*). Kłącze na jesieni; *a* przednia część, z której wytworzy się na wiosnę nowy pęd powietrzny, *b* blizna po tegorocznym pędzie powietrznym, *c* blizna po zeszłorocznym pędzie, *d* blizna po przedzeszłorocznym pędzie, *k* korzenie, *l* blizny po łuskowatych liściach. — Według S t r a s b u r g e r a




Ryc. 112. Lilia (*Lilium Martagon*). — *A* Pokrój. — *B* Cebula

Natomiast szeroko rozpowszechnione są także u dwuliściennych kłącza. Ta forma podziemnnych pędów nie ma liści, w ogóle lub co najwyżej w formie drobnych łusek. Jako przykład można przytoczyć pospolitą w lasach k o k o r y c z k ę [*Polygonatum* (ryc. 111)], szparag itp. Pęd jest tu zredukowany do grubej łodygi, w której gromadzą się zapasy pożywienia, użytkowane przez pędy powietrzne w pierwszym okresie wegetacji.

Pędy powietrzne u niektórych gatunków, np. u tulipana, są proste, z pojedynczym kwiatem na szczycie. Przeważnie jednak rozgałęziają się w górnej części, wytwarzając kwiaty na końcach odgałęzień. W ten sposób powstają k w i a t o s t a n y. Dwie ich formy spotykamy u liliowatych: g r o n o i b a l d a c h. W gronie, które można widzieć u lilii

(ryc. 112) i konwalii, kwiaty są osadzone na odgałęzieniach bocznych, umiarkowanej i równej długości. Baldach jest zbudowany inaczej: od szczytu pędu odchodzi pęk gałązek z kwiatami na końcu. Widzimy go m. in. u czosnków [*Allium* (ryc. 113)].

Z roślin uprawnych, poza ozdobnymi, do rodziny liliowatych należą cebula (*Allium cepa*) i podobne do niej gatunki tego samego rodzaju: czosnek (*Allium sativum*) i pory (*Allium porrum*) oraz szparag [*Asparagus officinalis* (ryc. 114)].



Ryc. 113. Czosnek niedźwiedzi (*Allium ursinum*), roślina charakterystyczna dla bukowych lasów. — Wg B e n t h a m a




Ryc. 114. Szparag (*Asparagus officinalis*). Kawałek kwitnącego pędu ze szpilkowatymi gałęziakami (*g*) i łuskowatymi liśćmi (*l*)

Ten ostatni odznacza się niezwykłym ukształtowaniem pędów nadziemnych: liście są drobne, łuskowate, a tkanka asymilacyjna mieści się głównie w pękach krótkich, bezlistnych gałązek, tzw. g a ł ę z i a k ó w. Owocem szparaga jest j a g o d a, to znaczy owoc z soczystą owocnią. Podobny owoc ma konwalia. Jest to zjawisko rzadkie w rodzinie liliowatych, u których przeważnie owocem jest t o r e b k a, to znaczy suchy pękający owoc o licznych nasionach.

Z innych rodzin omawianego rzędu warto wymienić amarylkowate *(Amaryllidaceae)*, liczące około tysiąca gatunków. Różnią się one od liliowatych dolną zalążnią. Do nich z roślin, rosnących dziko w Polsce, należy przebiśnieg [*Galanthus nivalis* (ryc. 115)], najwcześniej kwitnąca u nas roślina, a z roślin uprawnych ozdobnych narcyzy *(Narcissus)*.



Ryc. 115. Przebiśnieg *(Galanthus nivalis)*. — Według Benthama




Ryc. 116. Szafran *(Crocus scepusiensis)*. — *A* Roślina kwitnąca. — *B* Roślina przekwitła z owocem i liśćmi

Do rzędu liliowych należy także licząca około tysiąca gatunków rodzina kosaćcowatych *(Iridaceae)*, mająca dolną zalążnię i tylko trzy pręciki. Najważniejsze rodzaje — to pięknie kwitnące kosaćce *(Iris)*, mieczyki *(Gladiolus)* i szafrany czyli krokusy [*Crocus* (ryc. 116)]. Te ostatnie występują w górach, zwłaszcza w Tatrach, w takich masach, że zakwitając na wiosnę nadają halom liliowe zabarwienie.

Zalicza się wreszcie do liliowych małą rodzinę (320 gatunków) sitowatych *(Juncaceae)*, mających kwiaty podobnie ukształtowane, jak u poprzednich rodzin, ale o niepozornych zielonkawych okwiatach. Dzięki swym wąskim liściom przypominają one wyglądem trawy. Zbli-

żają się do nich także przez posiadanie skrobiowego bielma. Najważniejsze z nich to s i t y *(Juncus)*, występujące masowo na podmokłych glebach (ryc. 117).



Ryc. 117. Sit *(Juncus effusus)*. — Według B e n t h a m a

40. PLEWOWE odznaczają się kwiatami ze zredukowanym okwiatem lub zupełnie bez okwiatu. Słupek ich jest jednokomorowy i zawiera pojedynczy zalążek. Szyjek jest jednak dwie lub trzy, wobec czego należy taki słupek uważać za połączenie dwóch albo trzech słupków, których zalążnie zlały się w jedną pozostawiając wolne szyjki. Z powodu niepozorności kwiatów zapylanie odbywa się pod działaniem wiatru. Nasiona zawierają skrobiowe bielmo. Do tego rzędu należą dwie rodziny: t r a w y *(Gramineae)* i c i b o r o w a t e *(Cyperaceae)*.

Trawy odgrywają ogromną rolę w przyrodzie, gdyż występują w niej masowo. Rola ich w gospodarstwie jest również wielka, po pierwsze dlatego, że pędy ich stanowią główne pożywienie zwierząt roślinożernych, po drugie zaś dzięki temu, że niektóre ich gatunki, tzw. z b o ż a, mają ziarna o dużych bielmach, dostarczające skrobi.

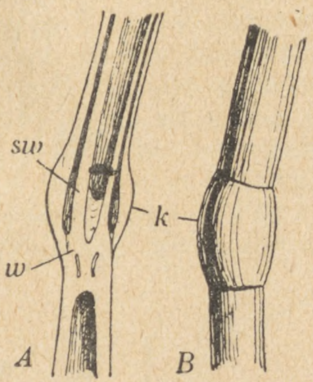
Bardzo charakterystyczną budowę mają pędy traw. Łodyga jest przeważnie pusta w węzłach, a pełna tylko w międzywęźlach (ryc. 118). Całą pełną łodygę ma tylko kukurydza. Od węzłów odchodzą pojedynczo liście w ten sposób, że każdy następny liść zwrócony jest w przeciwną stronę, niż poprzedni. Wszystkie liście leżą wobec tego w jednej płaszczyźnie, przechodzącej przez oś łodygi. Ten dwuboczny układ odnajdziemy także w ułożeniu odgałęzień pędów.

Liście traw składają się każdy z długiej pochwy, otaczającej łodygę i wstęgowatej blaszki, odstającej od łodygi pod ostrym albo prostym kątem. Na granicy pochwy i blaszki tworzy się krótka, dodatkowa, bezbarwna, błonkowata blaszka, tzw. j ę z y c z e k, który przylega do łodygi.

Pędy traw rozgałęziają się z reguły tylko w dolnej i górnej części. W dole rozgałęzienie odbywa się nieraz w ziemi i tam pędy mają postać kłączy z łuskowatymi liśćmi. W górze rozgałęzienie jest zawsze obfite i wytwarza złożony kwiatostan z licznymi kwiatami.

Kwiaty traw są bardzo proste i niepozorne (ryc. 119*D*). W środku kwiatu mieści się słupek, opatrzony dwiema piórkowatymi szyjkami, które spełniają czynności znamion. Naokoło znajdują się trzy pręciki z pylnikami, zwisającymi na wiotkich nitkach. Zamiast okwiatu są dwie błoniaste łuseczki.

Kwiaty traw są zawsze liczne i tworzą skupienia zwane kłoskami (ryc. 119*A*). Jak sama nazwa wskazuje, są to małe kłosy. Otóż kłos jest to kwiatostan, w którym kwiaty są przy pomocy bardzo krótkich szypułek osadzone na wydłużonej osi. Oś ta w kłosach jest krótka, dlatego nadaje się im tę odrębną nazwę. Kwiaty w kłoskach są umieszczone na osi po obu jej stronach, tworząc dwa szeregi. U podstawy kłosek jest otoczony przez dwa łuskowate listki, tzw. plewy. Są one różnej wielkości, a większa z nich jest osadzona trochę niżej. Każdy kwiat jest otoczony dwiema plewkami, błoniastymi listkami, podobnymi do plew. Jedna z nich, tzw. plewka dolna, mieści się po stronie zewnętrznej kłoska — druga, osadzona nieco wyżej, jest zwrócona ku osi kłoska. Jest to plewka górna, zawsze delikatniejsza od dolnej. Plewy, a zwłaszcza plewki, przedłużają się nieraz wości.



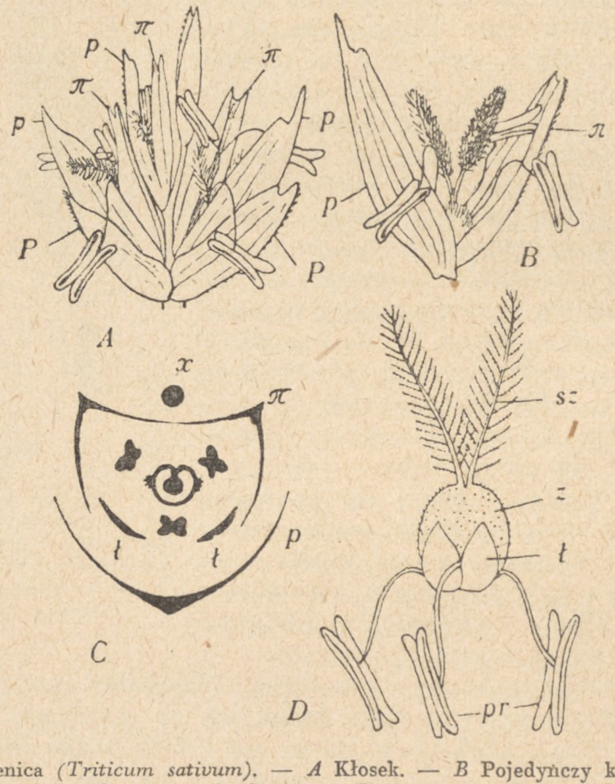

Ryc. 118. Pszenica (*Triticum sativum*). — *A* Kawałek pędu z węzłem i kolankiem. — *B* To samo w przekroju podłużnym; *n* węzeł, *k* zgrubienie pochwy (kolanko), *sw* strefa wzrostowa międzywęźla. Według Hackela

Ilość kwiatów w kłosku bywa różna. Nierzadkie są wypadki, kiedy w kłosku mieści się jeden tylko kwiat, jak np. u tymotki albo prosa. Czasem w takich kłoskach widoczna jest krótka oś, na której z boku osadzony jest kwiat. Najczęściej jednak nie ma tego i kłosek staje się właściwie pojedynczym kwiatem. Utrzymuje się jednak i tu nazwę kłoska, gdyż taki pojedynczy kwiat otoczony jest nie tylko plewkami, ale i plewami, czasem nawet bardziej licznymi, niż zazwyczaj. Zamiast dwóch, może ich być trzy lub cztery.

Kłoski nie występują nigdy pojedynczo. Pędy traw na szczycie są obficie rozgałęzione, tworząc bezlistny kwiatostan. Na końcach rozgałęzień są osadzone kłoski. Kwiatostany te są bardzo różne. Poznamy je później w przeglądzie ważniejszych gatunków i rodzajów.

Tymczasem trzeba zająć się jeszcze owocowaniem traw. Po zapłodnieniu zalążnia zamienia się w ziarno. Jest to szczególnego rodzaju owoc, w którym mieści się pojedyncze nasienie zrośnięte z owocnią. Nasienie traw zawiera duże bielmo skrobiowe i stosunkowo mały zarodek, przylegający do bielma w dole ziarna (ryc. 120). Zarodek przylega do bielma przy pomocy tarczki, osobliwej blaszki, która przy kiełkowaniu

wydziela specjalne substancje, tzw. f e r m e n t y lub e n z y m y, powodujące zamianę skrobi na cukry. Dzięki temu rosnący zarodek jest zaopatrywany w pożywienie. Składa się on z krótkiej łodyżki, zakończonej na szczycie wierzchołkiem wzrostowym, otoczonym kilkoma młodymi listkami. U dołu przedłuża się zarodek w krótki korzonek, osłonięty

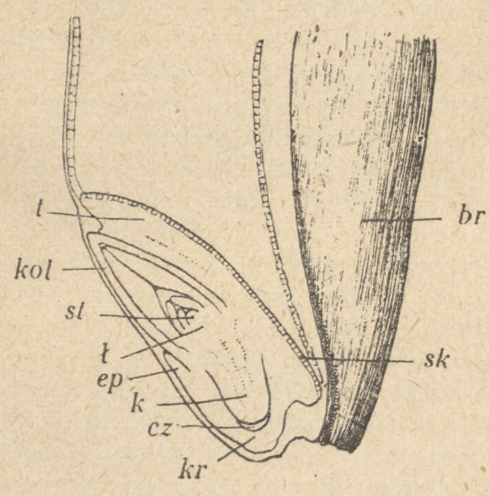



Ryc. 119. Pszenica *(Triticum sativum)*. — *A* Kłosek. — *B* Pojedyńczy kwiat z plewkami. — *C* Diagramat kwiatu z plewkami. — *D* Kwiat bez plewek. — Oznaczenia: *x* oś kłoska, *P* plewy, *p* dolna plewka, grecka litera *pi* górna plewka, *ł* łuszczki, *z* zalążnia, *sz* szyjka, *pr* pręciki. — Według B o n n i e r a

specjalną pochewką, którą przebija przy kiełkowaniu. Nadto można jeszcze zauważyć na łodyżce wielu traw małą łuseczkę na stronie przeciwległej tarczce. Jest to tzw. e p i b l a s t. Przy kiełkowaniu można stwierdzić jeszcze jedną osobliwość zarodka traw: oto pierwszy liść jest pozbawiony chlorofilu, jest to tzw. k o l e o p t i l e. Nie zostało dotychczas wyjaśnione, która część zarodka jest liścieniem. Bielmo jest wypełnione skrobią. Jednakże zewnętrzna, tzw. a l e u r o n o w a warstwa nie zawiera skrobi, tylko ciała białkowe i kropelki tłuszczu, które wyglądają jak ziarna aleuronu, skąd pochodzi ta niewłaściwa nazwa.

Rozpatrzmy teraz ważniejsze gatunki traw. Będziemy przy tym mieli sposobność zapoznać się z podziałem rodziny na grupy mniejsze, co sto-

suje się zawsze u rodzin dużych. Trawy należą właśnie do takich, liczą one bowiem około 4 000 gatunków. Największą rodziną okrytonasiennych są storczyki *(Orchidaceae)* z 17 tysiącami gatunków, drugie miejsce zajmują złożone *(Compositae)* z 14 tys. gatunków, trzecie strąkowate *(Leguminosae)* z 12 tys., czwarte ostromleczowate *(Euphorbiaceae)* z 7 tys., piąte marzanowate *(Rubiaceae)* z 4½ tys. Trawy przychodzą w szóstym miejscu. Inne rodziny mają najwyżej 3 tys. gatunków.




Ryc. 120. Przekrój ziarna pszenicy według jego płaszczyzny symetrii; *br* boczna ściana bruzdy, *t* tarczka, *sk* zewnętrzna skórka tarczki, *ł* łodyga zarodka, *kol* koleoptile, *st* stożek wzrostowy pędu, *k* korzeń główny, *cz* czapeczka korzeniowa, *kr* koleorhiza, *ep* epiblast. — Według Strasburgera

Trawy dzielą się według budowy kłosków na dwie podrodziny: wiechlinowatych *(Poaecideae)* i prosowatych *(Panicoidae)*. W pierwszej z nich kłoski są opatrzone dwiema plewami i składają się przeważnie z większej ilości kwiatów. Jeżeli zawierają tylko jeden kwiat, to u jego podstawy widzi się nieraz oś w postaci krótkiego cienkiego wyrostka. W podrodzinie prosowatych kłosek jest zawsze jednokwiatowy, z 3—4 plewami, zawsze bez śladu osi.




Ryc. 121. Tymotka *(Phleum pratense)*. — *A* Pokrój. — *B* Kłosek. — *C* Kwiat z plewkami. — Według Benthama

Podrodzina wiechlinowatych dzieli się dalej na szereg grup mniejszych, zwanych plemionami. Rozpatrzymy najważniejsze z nich, rozpoczynając od plemienia mietlicowatych *(Agrostideae)*. Kłoski ich są jednokwiatowe, ułożone w wiechę, kwiatostan ma liczne długie odgałęzienie, znany powszechnie na przykładzie owsa. Najważniejszym dla rolnictwa przedstawicielem tego plemienia jest doskonała trawa pastewna tymotka [*Phleum pratense* (ryc. 121)]. Gałęzie jej wiechy są tak silnie skupione, że dzięki temu tworzy się gęsty kwiatostan, podobny

do kłosa. Piękną trawą z tego plemienia, charakterystyczną dla stepów, jakie gdzieniegdzie zachowały się w Polsce, jest ostnica (*Stipa pennata*), o długich piórkowatych ościach (ryc. 122).

Drugim plemieniem godnym uwagi są owsowate (*Aveneae*). Charakteryzują je kłoski o 2—3 kwiatach, z dużymi plewami i ośćmi plewek, wychodzącymi nie z ich szczytu, jak to zwykle bywa, lecz z grzbietu. Kwiatostan ma formę wiechy. Przykładem może być często u nas uprawiany owies (*Avena sativa*), pochodzący z Azji zachodniej (ryc. 123). Cenną trawą pastewną z tego plemienia jest rajgras francuski (*Arrhenatherum elatius*).



Ryc. 122. Ostnica (*Stipa pennata*) *A* Wiecha. — *B* Kłosek owocujący

Trzecim plemieniem, które rozpatrzymy, jest plemię kostrzewowatych (*Festuceae*). Mają one kłoski wielokwiatowe z niewielkimi plewami — z ośćmi wychodzącymi ze szczytu plewek. Kwiatostanem jest wiecha. Należy tu dużo cennych traw pastewnych. Warto wspomnieć o takim gatunku tego plemienia, jak wiechliny (*Poa*): — zwłaszcza o wiechlinie łąkowej (*P. pratensis*) i błotnej (*P. palustris*). Wiechliny odznaczają się brakiem ości i ostrym, wystającym grzbietem plewek. Dalej dobrymi trawami pastewnymi są kostrzewy (*Festuca*): łąkowa (*F. pratensis*) i czerwona (*F. rubra*). Na naturalnych pastwiskach szeroko rozpowszechniona jest kostrzewa owcza (*F. ovina*), o szczeciniastych liściach (ryc. 123*a*). Kostrzewy mają plewki z zaokrąglonym grzbietem, opatrzone ośćmi. Ważna wreszcie jest kupkówka (*Dactylis glomerata*), z kłoskami zebranymi w gęste skupienia na końcach odgałęzień wiechy.

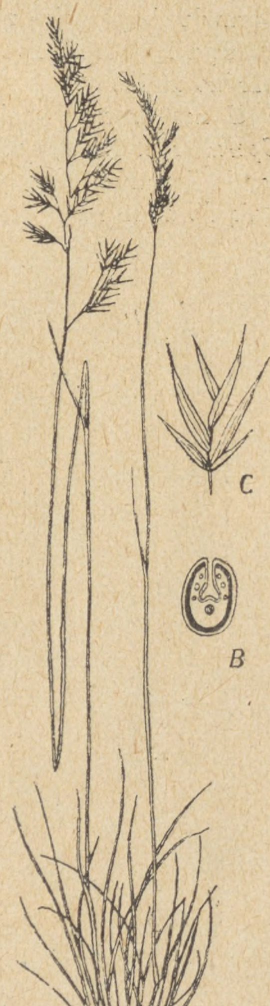
Ostatnim plemieniem omawianej podrodziny jest plemię jęczmieniowatych (*Hordeae*), łatwe do rozpoznania po kłoskach, zebranych w dwuboczne kłosy. Należą tu nasze główne zboża: jęczmień (*Hordeum*), pszenica (*Triticum*) i żyto (*Secale*).

Jęczmień, roślina pochodzenia azjatyckiego, różni się wybitnie od innych zbóż ustawieniem kłosków w grupy po trzy. Tworzą one w kłosie sześć rzędów, po trzy z każdej strony. Kłoski są wąskie, jednokwiatowe, z długoościstymi plewkami dolnymi, które ściśle przylegają do ziaren. Istnieją trzy główne gatunki jęczmienia: dwu-, cztero- i sześciorzędowy.

U dwurzędowego [*Hordeum distichon* (ryc. 124)] tylko środkowe kłoski w grupach są plenne, tworząc po jednym rzędzie z każdej strony kłosa. U czterorzędowego jęczmienia [*H. sativum* (ryc. 124*B*)] wszystkie kłoski są plenne. Nazwa jego jest niewłaściwa, gdyż kłoski plenne tworzą sześć rzędów, są one tylko zbite, przez co podział na rzędy jest niewyraźny. Wyraźne rzędy ma rzadko uprawiany jęczmień sześciorzędowy (*Hordeum hexastichon*).




Ryc. 123. Owies (*Avena sativa*). — *A* Pokrój. — *B* Pojedynczy kłosek z rozsuniętymi plewami i plewkami; *kp* kwiat płonny, $P_1$, $P_2$ plewy. — Według Bonniera




Ryc. 123a. Kostrzewa owcza (*Festuca ovina*). — *A* Pokrój. — *B* Przekrój liścia. — *C* Kłosek. — Według Wettsteina

Pszenica liczy około 20 gatunków, z których większość jest uprawiana, przynajmniej w niektórych krajach. Kłoski pszenic dają różną ilość ziaren: od jednego u *Triticum monococum* (ryc. 125), 2—3 u innych gatunków. Plewki są silnie wypukłe o 3 i więcej nerwach. Najczęściej

uprawia się pszenicę zwykłą [*Triticum sativum* (ryc. 125*B* i *C*)], pochodzącą z Azji środkowej, prawdopodobnie z Afganistanu. Jest to gatunek bardzo zmienny.

U nas prócz pszenicy zwykłej uprawia się czasem orkisz [*Triticum Spelta* (ryc. 125*C*)] odznaczający się wąskim luźnym kłosem, którego oś łamie się łatwo między kłoskami. Nadto u tego gatunku plewki przylegają do ziarn na podobieństwo jęczmienia, tylko nie tak mocno.



Ryc. 124. *A* Jęczmień dwurzędowy. — *B* Jęczmień czterorzędowy

Żyto *(Secale)* liczy trzy gatunki, z których tylko jeden jest uprawiany *(Secale sereale)*. Jest to gatunek mniej zmienny od pszenicy. Kłoski żyta są zawsze dwukwiatowe, plewki wydłużone, o pojedynczym nerwie.

Z plemienia jęczmieniowatych warto jeszcze wymienić cenną trawę pastewną, rajgras angielski *(Lolium perenne)*. Wszystkie gatunki rodzaju *Lolium*, do którego on należy, odznaczają się kłoskami osadzonymi na osi kłosa bokiem, szerszą stroną. Warto jeszcze wreszcie wspomnieć o jednym z najbardziej uciążliwych chwastów, o perzu *(Agropyum repens)*, bardzo trudnym do wyplenienia z powodu niezmiernie długich, płożących się kłączy, z których roślina łatwo odrasta.

Przejdziemy teraz do podrodziny prosowatych *(Panicoideae)*. Są to przeważnie rośliny tropikalne. Ze zbóż u nas uprawianych należą tu proso i kukurydza.

Proso *(Panicum miliaceum)* ma kłoski o trzech plewach, zebrane w wiechę (ryc. 126). Jest to roślina pochodząca z Azji środkowej albo może ze wschodniej.

Kukurydza *(Zea Mays)* jest jedynym zbożem amerykańskim. Pochodzi ona z Meksyku. Jest to roślina bardzo osobliwa, różniąca się od wszystkich innych traw (ryc. 127). Widzimy u niej dwa rodzaje kwiatów, męskie (pręcikowe), zebrane w wiechę na szczycie pędu i żeńskie, ułożone w kłosy w pachwinach dolnych liści. Rozdzielnopłciowe kwiaty występują poza kukurydzą u kilku innych jeszcze traw. Niespotykane natomiast nigdzie indziej jest ukształtowanie kwiatostanu żeńskiego: jest to kłos nie dwuboczny, lecz walcowaty z kilkunastoma szeregami kłosków. Kłoski męskie mają trzy plewy, żeńskie — cztery. W dojrzałych kłosach plewy i plewki są ukryte pod ziarnami.

Kłosy są otoczone osobliwymi błoniastymi liśćmi. Z pomiędzy nich wysuwają się szyjki, które są u kukurydzy pojedyncze, nitkowate, a nie podwójne, piórkowate, jak u większości traw.




Ryc. 125. Różne formy pszenicy. — *A* i *B* Dwie formy pszenicy uprawnej *(Triticum sativum)*. — *C* Samopsza *(Tr. monococcum)*




Ryc. 126. Proso *(Panicum miliaceum)*. — *A* Wiecha. — *B* Kłosek; $P_1$, $P_2$ i $P_3$ trzy plewy, *p* i *pi* (greckie) plewki. Według N e e s a

Do podrodziny prosowatych należy także wschodnio-azjatyckie zboże — ryż *(Oryza sativa)*, t r z c i n a c u k r o w a *(Saccharum officinaarum)* oraz różne b a m b u s y, tropikalne trawy, odznaczające się mocnymi zdrewniałymi łodygami, sięgającymi kilku metrów wysokości.

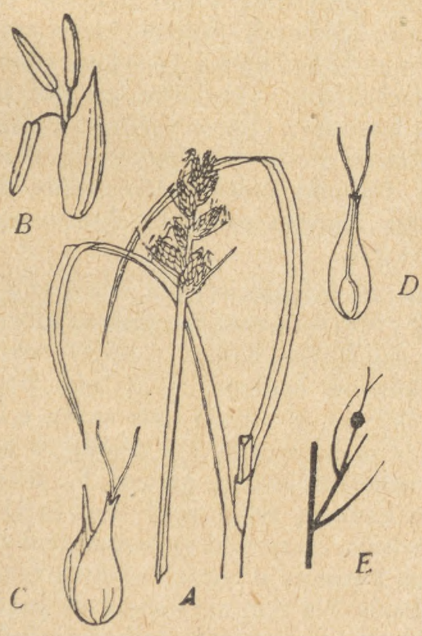
Do rzędu plewkokwietnych należy jeszcze rodzina ciborowatych *(Cyperaceae)*, licząca około trzech tysięcy gatunków, o wiele mniej ważna od traw, ale również szeroko rozpowszechniona (tylko głównie na terenach wilgotnych). Odznacza się ona zamkniętymi pochwami liści. Owocem jest małych rozmiarów o r z e c h. Tak się nazywa owoc jednonasienny z suchą, twardą owocnią. Zarodek mieści się w środku nasienia i jest otoczony skrobiowym bielmem.

Najważniejsze w tej rodzinie są tzw. trawy kwaśne, ściślej mówiąc t u r z y c e [*Carex* (ryc. 128, 129)]. Pędy ich są podobne do pędów traw, dają się jednak łatwo rozpoznać po trójgraniastej formie łodygi i po




Ryc. 127. Kukurydza (*Zea Mays*). — *A* Pokrój rośliny. — *B* Dwa męskie kłoski. — *C* Żeński kłos. — *D* Żeński kłosek; $P_1$—$P_4$ plewy, *p* i *pi* (greckie) plewki. — *E* Słupek. — F Owocostan. — Według N e e s a, M a o u t i D e s c a i s n e'a

liściach, ułożonych nie w dwóch płaszczyznach, jak u traw, lecz w trzech. Kwiaty są jednopłciowe, zebrane w kłosy o różnej budowie. Zalążnia u turzyc jest otoczona pęcherzykiem, zwykle wciągniętym w dwuzębny dzióbek. Z dzióbka wysuwa się szyjka. Pęcherzyk powstaje przy owocach. Turzyce stanowią główny składnik roślinności wilgotnych łąk. Dostarczają one obfitego, ale miernego siana.

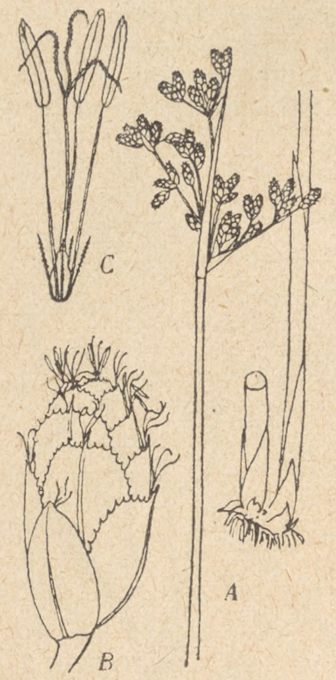



Ryc. 128. Turzyca lisia *(Carex vulpina)*. — *A* Pokrój rośliny. — *B* Kwiat męski z przykwiatkiem. — *C* Kwiat żeński z przykwiatkiem i pęcherzykiem. — *D* Pęcherzyk w podłużnym przekroju dla pokazania ukrytego w nim słupka. — *E* Schemat budowy dolnej części kłosa złożonej z żeńskich kwiatów




Ryc. 129. Turzyca leśna *(Carex silvatica)* Pokrój; *m* kłos męski, *ż* kłosy żeńskie. — Według Bonniera

Do tej rodziny należą także różne gatunki sitowia *(Scirpus)*, porastające brzegi zbiorników wodnych (ryc. 130). Słupki jego nie mają pęcherzykowatej osłony.



Ryc. 130. Sitowie jeziorne (*Scirpus lacustris*). — *A* Pokrój. — *B* Kłosek. — *C* Kwiat. — Według B e n t h a m a

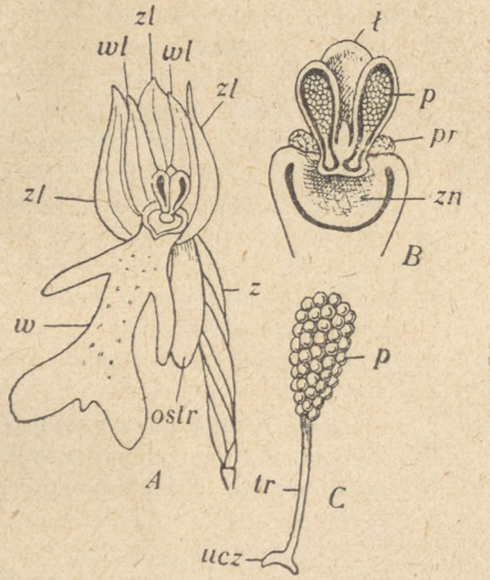
41. INNE JEDNOLIŚCIENNE. Poza omówionymi powyżej przedstawicielami gromady jednoliściennych, warto jeszcze wspomnieć bodaj pobieżnie o niektórych innych; a więc przede wszystkim o rodzinie palm *(Palmae)*, liczącej około 1200 gatunków. Są to rośliny tropikalne, o budowie drzew z nierozgałęzionym pniem, zakończonym pękiem wielkich, pierzastych lub wachlarzowatych liści. Kwiaty są rozdzielnopłciowe, niepozorne, zebrane w gęste kłosowate kwiatostany, owoce przynajmniej częściowo soczyste.

Palmy przynoszą wielki pożytek dostarczając jadalnych owoców, czego przykładem może być palma daktylowa *(Phoenix dactylifera)*. Niektóre gatunki jak palma kokosowa *(Cocos nucifera)* i olejowa *(Elacis guincensis)* dostarczają tłuszczów. Gatunki rodzaju *Metroxylon* dostarczają cennego produktu skrobiowego, tzw. s a g o.

Dalej do jednoliściennych należą s t o r c z y k i *(Orchidaceae)*, największa rodzina roślin nasiennych, licząca około 17 tysięcy gatunków, w ogromnej większości tropikalnych. Już w ust. 33 była mowa o ich bardzo ciekawych nasionach. Nasiona te są nadzwyczaj drobne: u niektórych gatunków ważą zaledwie jedną milionową grama. Są przeto łatwo rozsiewane przez wiatry, ale kiełkują tylko przy współudziale grzybów, które dostarczają im pożywienia. Storczyki są bardzo cennymi roślinami cieplarnianymi, dzięki swym kwiatom o bardzo różnym zabarwieniu i fantastycznych nieraz kształtach. Na tym nie kończą się jeszcze osobliwości tej rodziny. Zapylanie u nich jest bardzo ciekawe. Pyłek kwiatowy, zlepiony w dwie mączugowate masy, tzw. p y ł k o w i n y, przylepia się do głów owadów i przez nie jest przenoszony (ryc. 131). Flora polska liczy mało storczyków. Nasze gatunki mają ciekawe korzeniowe bulwy, w których gromadzą się zapasy pożywienia na rok następny (ryc. 132). W krajach tropikalnych storczyki rosną bardzo często na drzewach jako e p i f i t y. Znaczenie praktyczne ma wanilia *(Vanilla fragrans)*, roślina meksykańska, której owoce są używane jako przyprawa dla charakterystycznego, przyjemnego zapachu.

Do jednoliściennych należy także ananas *(Ananas sativus)*, uprawiany na wielką skalę w krajach tropikalnych oraz trzykrotka *(Tradescantia)*,

często hodowana w mieszkaniach, z którą mieliśmy już do czynienia (zob. ryc. 6). Obie te rośliny są pochodzenia amerykańskiego.




Ryc. 131. Storczyk *(Orchis militaris)*. — *A* Kwiat widziany od przodu i zarazem trochę z boku. — *B* Kwiat widziany od przodu po odjęciu wszystkich listków okwiatu z wyjątkiem warżki. — *C* Pyłkowina. — Oznaczenia: *w* warżka, *wl* dwa wewnętrzne listki okwiatu, *zl* zewnętrzne listki okwiatu, *ostr* ostroga, *z* zalażnia, *p* pyłkowiny, *ł* łacznik pylnika, *zn* znamię, *pr* prątniczki (nierozwinięte pręciki), *tr* trzonek pyłkowiny, *ucz* uczepka tejże. — Według Berga i Schmidta



Ryc. 132. *Orchis militaris*. Według Benthama

ROZDZIAŁ III

# ROŚLINY DWULIŚCIENNE

42. MORFOLOGIA ZEWNĘTRZNA. Jak na to wskazuje ich nazwa, rośliny dwuliścienne *(Dicotyledones)* mają w zarodku dwa liścienie. Łatwiejsza do zaobserwowania jest inna cecha, a mianowicie ukształtowanie liści, w szczególności blaszki liściowej. Ma ona charakterystyczne unerwienie. Nie jest ono równoległe, jak u jednoliściennych, lecz pierzaste albo dłoniaste (palczaste, jak się to inaczej mówi). W pierwszym przypadku (ryc. 133) przez środek blaszki

przechodzi gruby nerw g ł ó w n y, stanowiący jakby przedłużenie ogonka. Od niego odchodzą w obie strony słabsze nerwy boczne, które rozgałęziają się w podobny sposób, nieraz parokrotnie. Ostatnie odgałęzienia tworzą delikatną siatkę. Przy rozgałęzieniu dłoniastym (ryc. 134) od końca ogonka rozchodzą się w blaszce grube nerwy w nieparzystej ilości. Jeden z nich idzie przez środek, inne symetrycznie po obu stronach. Nerwy te rozgałęziają się dalej pierzasto. Blaszka jest nieraz symetrycznie po brzegach mniej lub więcej głęboko wcięta. Bardzo często bywają też blaszki niesymetryczne, co szczególnie jaskrawo występuje u begonii.

Liście dwuliściennych są nieraz z ł o ż o n e, tzn. opatrzone kilkoma blaszkami. Rozróżnia się liście p i e r z a s t o- i d ł o n i a s t o- z ł o ż o n e. W pierwszym wypadku ogonek jest silnie wydłużony, a po obu jego stronach są osadzone parami blaszki, nieraz także jeszcze jedna blaszka na końcu (ryc. 133*A*). W liściach dłoniasto-złożonych blaszki, których ilość jest nieparzysta, odchodzą pękiem z końca ogonka (ryc. 134*A*). W obu przypadkach unerwienie blaszek jest pierzaste.



Ryc. 133. Liście rozgałęzione pierzasto — *A* Grochodrzew (*Robinia pseudacacia*). — *B* Starzec (*Senecio erucifolius*). — *C* Burak (*Beta sativa*)

Końcowa część liści jest czasem ukształtowana w formę w ą s a i służy roślinom pnącym się do czepiania się podpór wszelkiego rodzaju, jak to np. można widzieć u grochu (ryc. 135). Wąsy są wąskie i posiadają zdolność owijania się naokoło wszelkich przedmiotów niezbyt grubych, których dotkną się.

U niektórych roślin, np. u grochu (ryc. 135), można zauważyć na węzle po obu stronach nasady ogonka, dwie dodatkowe blaszki — p r z y l i s t k i.

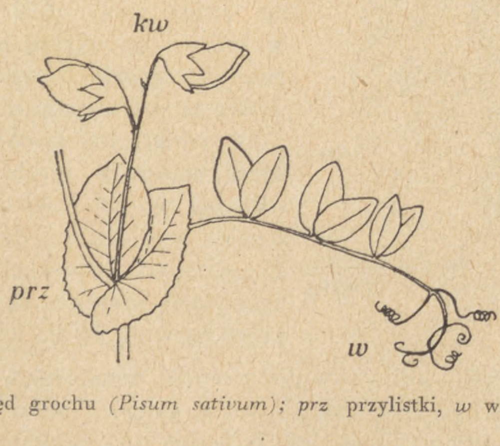
Łodyga przedstawia się różnie. Najczęściej wznosi się ona do góry, dzięki mocnej budowie. Czasem jest słaba i pnie się do góry, czepiając się jakiejś podpory jak grochu albo owijając się naokoło podpory, jak u chmielu (ryc. 136). U wielu dwuliściennych łodyga jest delikatna i nie rośnie na grubość wcale albo tylko nieznacznie. Z nasta-

niem zimy ginie ona wraz z liśćmi. Są to tzw. rośliny z i e l n e. Natomiast u roślin d r z e w i a s t y c h łodyga jest mocna i rośnie silnie na grubość. Przetrzymuje ona zimę, a w łagodniejszym klimacie zachowuje nawet liście.




Ryc. 134. Liście rozgałęzione palczasto. — *A* Łubin (*Lupinus luteus*). — *B* Jaskier (*Ranunculus acer*). — *C* Kaczeniec (*Caltha palustris*)

Dwuliścienne wytwarzają często pędy podziemne, w których gromadzą się w lecie zapasy pożywienia. Dzięki tym pędom rośliny zielne mogą przetrwać zimę i wytworzyć na wiosnę nowe powietrzne pędy. Zapasy




Ryc. 135. Pęd grochu (*Pisum sativum*); *prz* przylistki, *w* wąs, *kw* kwiaty

nagromadzone w podziemnych pędach powodują, że rozwój roślin na wiosnę może odbywać się szybko, jak to się widzi u roślin kwitnących na wiosnę, np. u z a w i l c ó w *(Anemone)* i s a s a n e k *(Pulsatilla)*.

Pędy podziemne dwuliściennych mają najczęściej formę kłączy, o których była już mowa przy jednoliściennych. Łodyga ich jest gruba ale wydłużona. Liście nie wykształcają się wcale lub są łuskowate. Przykładem może służyć pierwiosnek (ryc. 137). Jak to jest widoczne na przytoczonej rycinie, u takich roślin korzeń główny zanika, a kłącze wypuszcza liczne korzenie przybyszowe.

O wiele rzadszą formą podziemnych pędów są b u l w y, odznaczające się łodygą bardzo grubą, a krótką, bez liści. Znamy je dobrze na przykładzie ziemniaka. Bulwy u niego tworzą się nie na korzeniach, jakby to mogło się zdawać, lecz na końcach prawie bezlistnych odgałęzień łodygi, tzw. r o z ł o g a c h (ryc. 138). Na bulwach tych widzi się wgłębienia, tzw. oczka, w których są ukryte wierzchołki wzrostu przyszłych pędów powietrznych.



Ryc. 136. Wijący się pęd chmielu (*Humulus eupulus*). — Według B a i l l o n a

Korzeń główny, który, jak mówiliśmy w ust. 36, u jednoliściennych ginie zupełnie albo jest słaby, tu często rozwija się silnie. Może on wrastać głęboko w ziemię i u lucerny np. dosięga 3 i więcej metrów długości. Ma on nieraz przyrost wtórny i wtedy może dochodzić do znacznej grubości, np u buraka. Korzenie, o ile są silne, jak u marchwi, buraka itd., służą, podobnie jak pędy podziemne, do zimowania i gromadzą w sobie zapasy na następne lato. Rośliny drzewiaste wytwarzają na jesieni p ą c z k i, owalne twory, w których są ukryte zaczątki nowych pędów. Pączki zawierają krótką łodyżkę ze skupionymi młodymi listkami, a na powierzchni są okryte ł u s k a m i, które stanowią zgrubiałe ochronne listki. Na wiosnę łuski opadają i pączek szybko wydłuża się dając l a t o r o ś l. W osobnych pączkach, nieco innego zazwyczaj kształtu, są ukryte kwiaty, które rozwiną się na wiosnę.

Pędy niektórych roślin dwuliściennych wytwarzają twarde kolące części. Mogą to być specjalne skrócone gałęzie, jak u tarniny *(Prunus spinosa)*, przeobrażone liście, jak u berberysu *(Berberis vulgaris)*, albo po prostu wyrostki kory, jak u róż i malin. W ostatnim przypadku nazywają się one k o l c a m i, w dwóch poprzednio wymienionych — c i e r n i a m i.

Liczbami charakterystycznymi dla ilości pręcików i listków okwiatu u roślin dwuliściennych są: dwa i pięć, a nie trzy, jak u roślin jednoliściennych. Budowę kwiatów poznamy na przykładach w ust. 45.

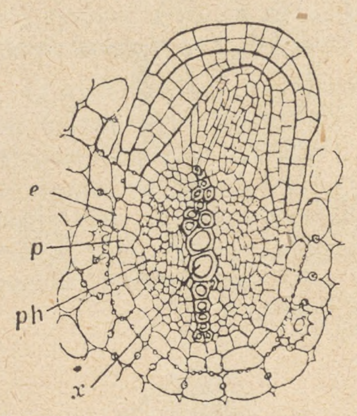



Ryc. 137. Pierwiosnek (*Primula officinalis*) — *A*. Siewka — *B* Młoda roślinka. *C* Dojrzała roślina. Oznaczenia: *k* korzeń główny, *k* korzenie przybyszowe, *pdl* podliścieniowa część łodygi, *l* liścienie, *kł* kłącze. — Według Velenovsky'ego




Ryc. 138. Ziemniak (*Solanum tuberosum*), wyhodowany z nasienia; *k* korzeń główny, *l* liścienie, *r* rozłogi, *b* bulwy. — Według Laurenta

43. BUDOWA WEWNĘTRZNA. Korzenie dwuliściennych są zasadniczo zbudowane tak samo jak u jednoliściennych, tylko ilość wiązek sitowych i naczyniowych jest mniejsza. Najczęstszą liczbą jest 2, jak u buraka, marchwi, gorczycy (ryc. 139), kapusty. Wtedy wiązki naczyniowe łączą się zawsze w środku korzenia. Rzadsze są liczby większe: 3—4 u grochu, 4—5 u bobu. Małą ilość wiązek równoważy częste wytwarzanie obfitych tkanek wtórnych, czego przykładem mogą być grube korzenie buraka.



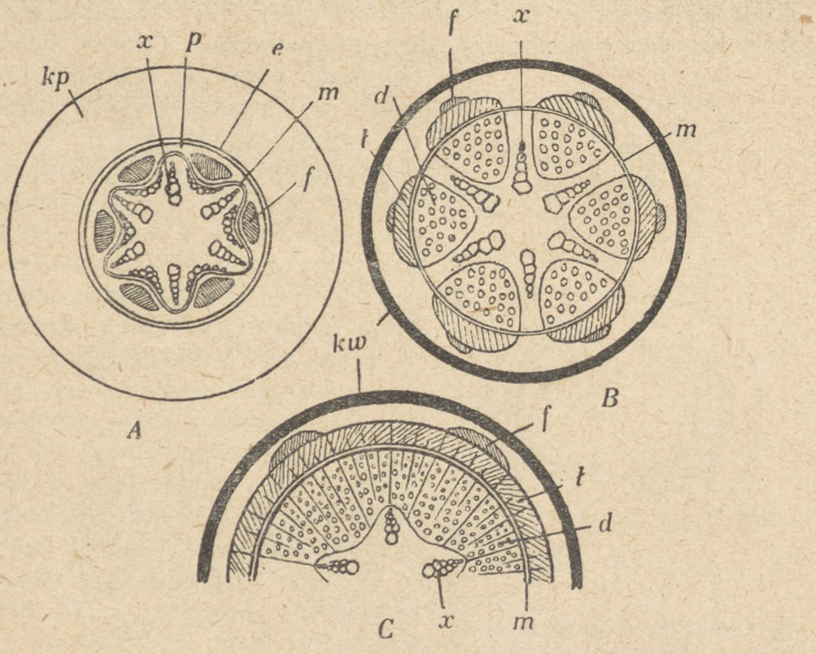

Ryc. 139. Gorczyca (*Sinapis alba*). Przekrój korzenia o dwóch wiązkach z zaczątkiem pochodnego korzenia; *e* śródskórnia, *p* okolnica, *x* tkanka naczyniowa, *ph* tkanka *sitowa*. — Wg van Tieghema

Ten przyrost na grubość odbywa się dzięki dwom tkankom twórczym wtórnym, które tworzą się jako okólne warstwy z tkanki miękiszowej. Ważniejsza z nich jest m i a z g a, wytwarzająca się w walcu osiowym na zewnątrz od wiązek naczyniowych i wewnątrz sitowych, zaznaczająca się na przekrojach poprzecznych jako faliste pasmo (ryc. 140). Falistość ta wyrównuje się potem skutkiem przejściowo silniejszego wytwarzania tkanek, położonych naprzeciw sitowych. Miazga wytwarza do wnętrza d r e w n o, złożone głównie z tkanki naczyniowej, na zewnątrz zaś ł y k o, złożone głównie z tkanki sitowej. W późniejszym okresie w okolnicy powstaje jeszcze druga tkanka twórcza wtórna, f e l l o g e n. Z niej na zewnątrz powstaje tkanka korkowa, która, odcinając korę pierwotną korzenia od dopływu pokarmów, powoduje jej obumieranie i odgrywa rolę ochrony przed szkodliwymi czynnikami. Tkanka ta kształtuje się głównie u drzew. Fellogen do wnętrza wytwarza tylko niewielką ilość tkanki miękiszowej, nie mającej żadnego znaczenia. Najłatwiej jest zobaczyć miazgę w korzeniach bobu. W korzeniach dwuwiązkowych przyrost wtórny odbywa się o tyle tylko inaczej, że miazga nie ma przebiegu falistego, lecz tworzy się naokoło podwójnej wiązki naczyniowej w formie elipsy (ryc. 141). Co do korzeni buraka warto jest zaznaczyć, że przyrost w nich odbywa się w sposób bardziej złożony, niż to zostało podane powyżej.

W łodygach roślin dwuliściennych zaznaczają się, podobnie jak w korzeniach, dwie zasadnicze części składowe: w a l e c o s i o w y i otaczająca go k o r a p i e r w o t n a. Tego podziału jednoliściennych nie ma. Nie ma go także u niektórych dwuliściennych, w szczególności u jaskra, który pod innymi również względami zbliża się do jednoliściennych.

Granicę między walcem osiowym a korą pierwotną stanowi nie śródskórnia, jak w korzeniach, lecz warstwa s k r o b i o n o ś n a, odznaczająca się silnym nagromadzeniem skrobi (ryc. 142, 142*a*). Można ją łatwo

uwidocznić ogrzewając skrawek w wodzie, by ziarenka skrobi napęczniały. Wtedy jod zabarwia jaskrawo warstwę skrobionośną. Można do tego użyć między innymi łodyg fasoli i bobu.



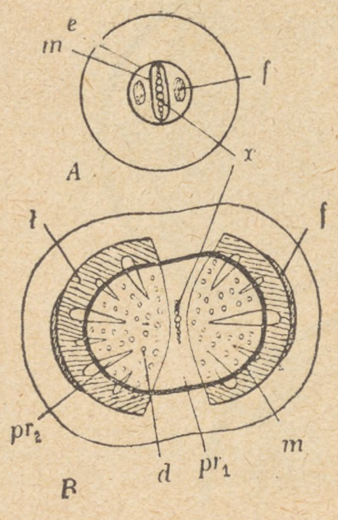

Ryc. 140. Schemat przyrostu wtórnego w korzeniach wielowiązkowych; *f* wiązki sitowe, *x* wiązki naczyniowe, *m* miazga, *e* śródskórnia, *p* okolnica, *d* drewno, *ł* — łyko, *kp* kora pierwotna, *kw* kora wtórna. — *A* Stadium wczesne. — *B* i *C* Stadium późniejsze z dwoma rodzajami przyrostu wtórnego. — Według van Tieghema

Kora pierwotna młodych łodyg na powierzchni zewnętrznej, która jest zarazem powierzchnią zewnętrzną rośliny, jest pokryta skórką ze szparkami. Kora ta w swojej masie składa się z tkanki miękiszowej, wśród której tworzy się często tkanka mechaniczna, kolenchyma lub sklerenchyma. Dzięki swemu położeniu przy obwodzie łodygi, nadaje ona jej wytrzymałość na zginanie, zgodnie z zasadą mechaniki, że rura jest bardziej wytrzymała od pełnego walca tej samej długości, złożonego z tej samej masy materiału.

W walcu osiowym mieści się wśród miękiszu tkanka sitowa i naczyniowa rozmieszczona w różny sposób, zawsze jednak tak, że tkanka naczyniowa jest położona bliżej środka łodygi, sitowa zaś dalej od środka, a bliżej powierzchni. Stosunki te przedstawiają się różnie u roślin zielnych i drzewiastych.

U roślin zielnych w najprostszym przypadku wspomniane powyżej tkanki tworzą wiązki sitowo-naczyniowe, podobnie jak u jednoliściennych. Nie są one jednak rozrzucone po całym przekroju poprzecznym

łodygi, jak u tych ostatnich, lecz przebiegają równolegle do osi łodygi w równych od niej odległościach (ryc. 143). Wiązki, podobnie jak u jednoliściennych, mają tkankę sitową po stronie zewnętrznej, naczyniową po wewnętrznej. Rzadziej, jak u dyni (ryc. 144), istnieje jeszcze dodatkowa tkanka sitowa po stronie wewnętrznej. Przy wiązkach wytwarzają się często pochwy ochronne, sklerenchymatyczne. Oprócz wiązek walca osiowego widzi się czasem dodatkowe wiązki w korze lub rdzeniu, złożone czasem tylko z tkanki sitowej.



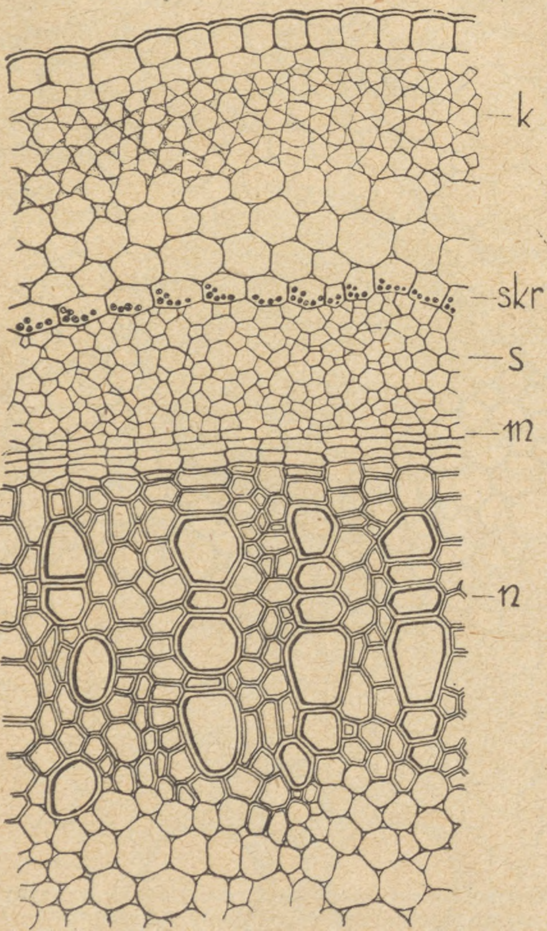

Ryc. 141. Schemat przyrostu wtórnego w korzeniach dwuwiązkowych. — *A* Stadium młode. — *B* Stadium starsze; *f* wiązki sitowe, *x* połączone dwie wiązki naczyniowe, *m* miazga, *d* drewno, *l* łyko, $pr_1$ promień rdzeniowy pierwotny, $pr_2$ promień rdzeniowy wtórny. — Według van Tieghema

Przytoczone powyżej przykłady roślin zielnych są szczególnie przejrzyste. Nie ma u nich tkanek wtórnych. Daleko częściej jednak rośliny zielne wytwarzają jeszcze tkanki wtórne. Powstają one z miazgi, która tworzy się w formie okrężnego płata, w ten sposób oddzielającego tkanki sitowe od tkanek naczyniowych (ryc. 145). Z miazgi powstają różne tkanki, zawsze jednak w niewielkiej ilości. Na zewnątrz wytwarza się zwykle łyko, a do środka drewno, ale nie zawsze. Zorientować się w tych stosunkach jest nieraz trudno.

U roślin drzewiastych budowa łodyg przedstawia się inaczej. Z pierwotnej tkanki twórczej, mieszczącej się na szczycie pędu, powstaje u nich jeszcze w pączkach pierścień tkanki naczyniowej otaczający rdzeń, naokoło niego warstwa miazgi i wreszcie warstwa tkanki sitowej. Tkanki naczyniowa i sitowa, jakkolwiek pierwotne, mają tu wygląd tkanek wtórnych z komórkami częściowo przynajmniej ustawionymi w promieniowe szeregi. Nie dadzą się one później odróżnić od drewna i łyka, które będzie wytwarzała miazga i z którymi będą w bezpośredniej, ścisłej łączności. Różnica między tkankami pierwotnymi a wtórnymi zaciera się u tych roślin. U niektórych drzew, np. u dębu albo buka, wspomniane powyżej pierścienie tkanki naczyniowej i sitowej są przerwane promieniowymi pasmami tkanki miękiszowej, idącymi dalej przez drewno i łyko jako promienie rdzeniowe, o których będzie mowa poniżej. W tym wypadku można by mówić o wiązkach naczyniowych i sitowych, ale te wiązki w wyrośniętym drewnie nie dadzą się odróżnić od drewna i łyka.

Rozpatrzmy teraz dokładniej budowę drewna i łyka. Główną ich częścią składową są komórki prozenchymatyczne, wydłużone w kierunku pionowym, tak samo, jak komórki miazgi, z których powstają. Oprócz tego wykształcają się również z miazgi komórki parenchymatyczne, wy-

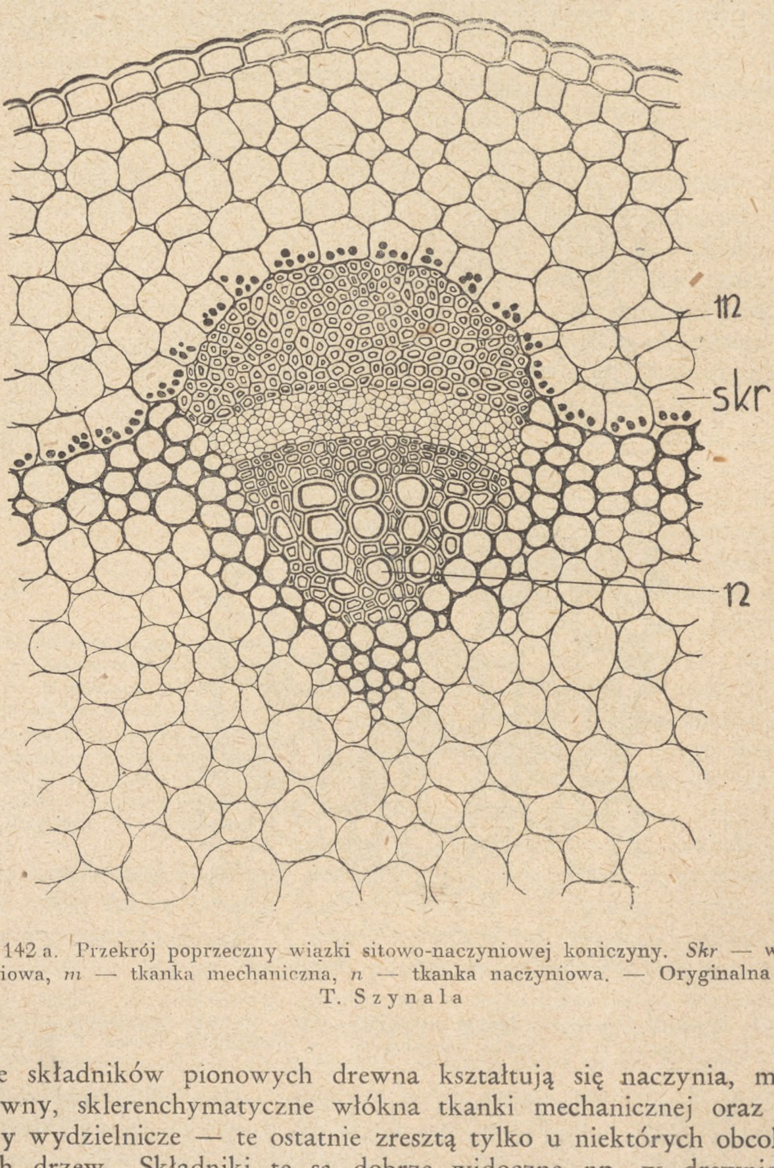
dłużone w kierunku poziomym, ułożone w szeregi idące od miazgi w obie strony przez drewno i łyko, w kierunku promieniowym. Szeregi te skupiają się w pasma, zwane promieniami rdzeniowymi. Promienie rdzeniowe mają kształt listew, ustawionych pionowo, zwężonych




Ryc. 142. Przekrój poprzeczny łodygi ziemniaka. *Skr* — warstwa skrobiowa, *s* — tkanka sitowa, *m* — miazga, *n* — tkanka naczyniowa. — Oryginalna rycina T. Szynala

na obu brzegach. Dla poznania tej budowy trzeba robić trzy rodzaje przekrojów przez łodygi roślin drzewiastych: poprzeczny i dwa podłużne: promienisty, idący przez oś łodygi i styczny, prostopadły do poprzedniego, a równoległy do zewnętrznej powierzchni. Jest to pokazane na ryc. 146, przedstawiającej wprawdzie nie roślinę dwuliścienną, lecz nagozalążkową — sosnę — są one jednak u wszystkich drzew w głównych zarysach jednakowe. Na przekroju poprzecznym

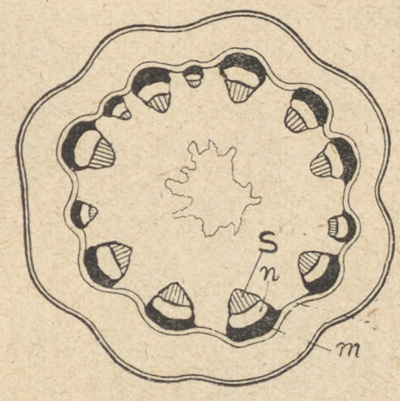
promienie rdzeniowe przedstawiają się jako wąskie pasma, na promieniowym — jako pasma szersze, na stycznym — jako pionowo ustawione, wąskie soczewki.




Ryc. 142 a. Przekrój poprzeczny wiązki sitowo-naczyniowej koniczyny. *Skr* — warstwa skrobiowa, *m* — tkanka mechaniczna, *n* — tkanka naczyniowa. — Oryginalna rycina T. Szynala

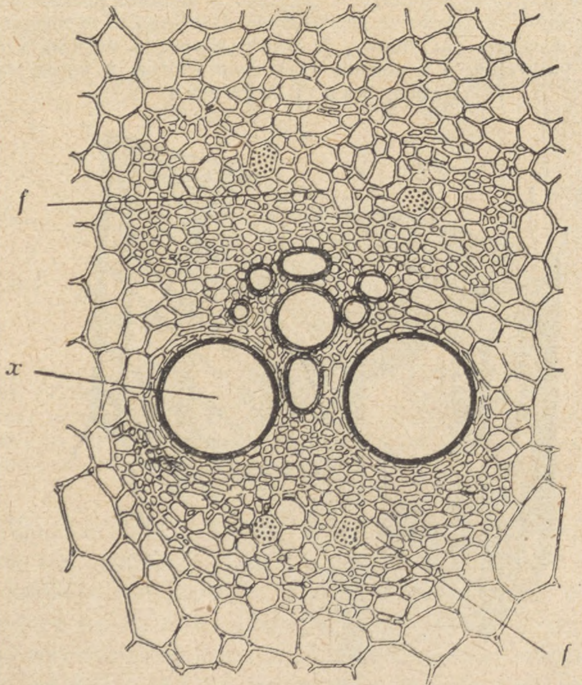
Ze składników pionowych drewna kształtują się naczynia, miękisz drzewny, sklerenchymatyczne włókna tkanki mechanicznej oraz przewody wydzielnicze — te ostatnie zresztą tylko u niektórych obcokrajowych drzew. Składniki te są dobrze widoczne np. w drewnie lipy (ryc. 147—149). Naczynia są dwojakiego rodzaju: szersze — naczynia właściwe (trachee) i węższe — cewki (tracheidy). Można je poznać po lejkowatych jamkach. Włókna odznaczają się brakiem takich jamek. Komórki miękiszu można odróżnić po żywej zawartości, której nie mają

dwa poprzednio omówione składniki drewna. Jak to widać na podłużnych przekrojach, komórki miękiszu tworzą pionowe szeregi tej samej długości, co sąsiednie prozenchymatyczne komórki. Pochodzi to stąd, że miękisz tworzy się z takich samych komórek miazgi, co naczynia i włókna, ale komórki te zostają podzielone poprzecznymi przegrodami na kilka części. Stąd końcowe błony w szeregu komórek miękiszowych są skośne, podczas gdy pośrednie są prostopadłe do długości.



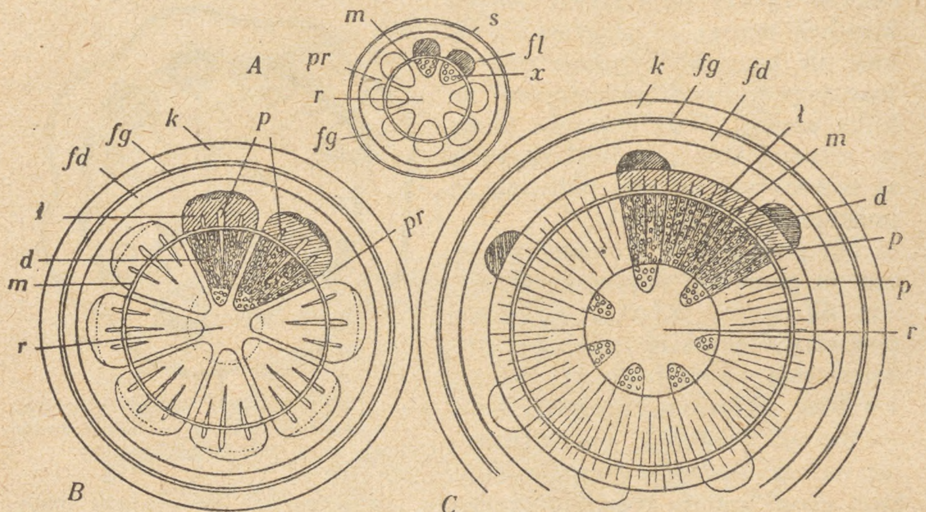

Ryc. 143. Przekrój łodygi koniczyny. *s* — tkanka sitowa, *n* — tkanka naczyniowa, *m* — tkanka mechaniczna

Na przekrojach drewna, zwłaszcza na przekroju poprzecznym, widzi się w nim s ł o j e   r o c z n e, powstające skutkiem różnego wykształcenia komórek na wiosnę i w lecie. Wiosenne są szersze, letnie — węższe. Następnej wiosny tworzą się od razu komórki szerokie, skutkiem czego granica rocznego przyrostu jest wyraźna. W krajach tropikalnych o jednostajnym klimacie nie ma słojów rocznych w drewnie.

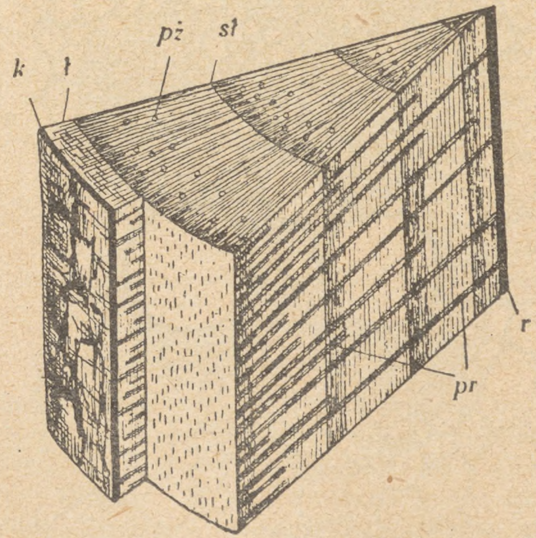



Ryc. 144. Dynia (*Cucurbita Pepo*). Wiązka sitowo-naczyniowa z łodygi o dwóch wiązkach sitowych: wewnętrznej (*f*) i zewnętrznej ($f^1$), *x* — wiązki naczyniowe. — Według S t r a s b u r g e r a

W łyku składniki pionowe wykształcają się jako rurki sitowe z komórkami towarzyszącymi, miękisz sitowy, włókna i komórki wydzielnicze z kryształami szczawianu wapnia (ryc. 150).

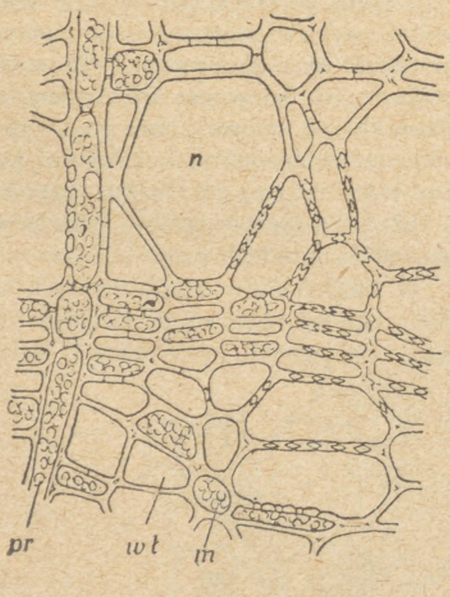



Ryc. 145. Schemat przyrostu wtórnego w łodydze: *A* stadium początkowe, *B* i *C* stadium późniejsze w dwóch krańcowych przypadkach. Oznaczenia: *m* miazga, *fg* fellogen, *s* skórka, *r* rdzeń, *x* wiązki naczyniowe, *fl* wiązki sitowe, *d* drewno, *ł* łyko, *pr* promienie rdzeniowe pierwotne, *p* promienie rdzeniowe wtórne, *k* korek, *fd* felloderma. Według van Tieghema

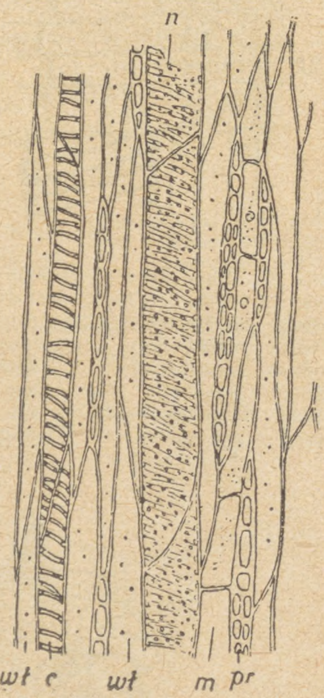



Ryc. 146. Sosna *(Pinus silvestris)* kawałek czteroletniego pnia ścięty w zimie; *pr* promienie rdzeniowe, *sł* granice między słojami wczesnymi, *r* rdzeń, *pż* przewody żywiczne, *ł* łyko, *k* korowina. — Według Strasburgera

Promienie rdzeniowe składają się z parenchymatycznych żywych komórek. Mają one u lipy różną grubość: jedne są jednoszeregowe, inne 2—3 szeregowe. U niektórych drzew, np. dębu i buka, niektóre promienie są wieloszeregowe, bardzo szerokie, widoczne doskonale gołym okiem.
Później z miazgi w korze pierwotnej drzew blisko skórki wytwarza się druga tkanka twórcza, f e l l o g e n, o którym już była mowa przy korzeniach. Wytworzona przez fellogen tkanka korkowa ochrania rosnącą na grubość łodygę zamiast skórki, która ulega zniszczeniu. U dębu



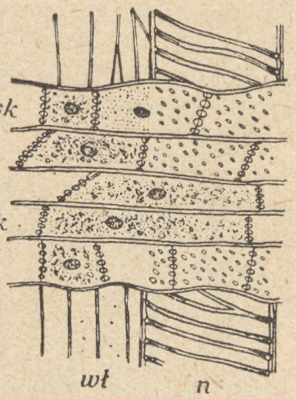

Ryc. 147. Lipa *(Tilia ulmifolia)*. Poprzeczny przekrój drewna; *n* naczynie właściwe, *c* cewka, *wł* włókno, *m* miękisz drzewny, *pr* promień rdzeniowy. — Wg S t r a s b u r g e r a




Ryc. 148. Lipa. Przekrój styczny drewna; *n* naczynie, *c* cewka, *wł* włókno, *pr* promienie rdzeniowe, *m* miękisz drzewny. — Według S c h e n c k a

korkowego *(Quercus suber)*, rosnącego w Hiszpanii, Maroku i Algierze, tkanka ta jest tak gruba, że jest eksploatowana do celów praktycznych: do wyrobu korków butelkowych itp. Fellogen zwykle po paru latach zamiera i tworzy się na nowo głębiej kosztem łyka. Z powodu nieprzepuszczalności wytwarzanej przezeń tkanki korkowej wszystkie położone na zewnątrz od niego tkanki obumierają, tworząc ciemno zabarwioną masę, k o r o w i n ę. Korowina, skutkiem rozrostu pnia na grubość, pęka. Na jej miejsce tworzy się nowa, dzięki działaniu coraz to nowych felloge-

nów powstających w łyku. Odcinanie tkanki łykowej przez fellogen powoduje to, że grubość łyka nie zwiększa się, podczas gdy drewno ciągle narasta. Korowiny nie należy mieszać z korą. Pod tą nazwą rozumie się wszystkie tkanki drzew położone na zewnątrz od miazgi, więc nie tylko korowinę, lecz także fellogen z jego wytworami i łyko. Tkanki pierwotne w korze znikają prędko. Przeto właściwą nazwą kory jest **k o r a w t ó r n a**. Jest to przeciwstawienie kory pierwotnej, która występuje tylko w młodych łodygach i latoroślach.




Ryc. 149. Lipa. Przekrój promieniowy drewna; *n* naczynie, *wł* włókno, *sk* stojące komórki promienia rdzeniowego połączone jamkami z naczyniem, *lk* leżące komórki promienia rdzeniowego służące do przeprowadzania substancji organicznych. — Według S c h e n c k a

Tkanka korkowa, tworząca się w korze, zamyka dostęp tlenu do żywych komórek pnia drzewnego. Spowodowało by to uduszenie ich, gdyby nie tworzyły się w niej przerwy, wypełnione luźno ułożonymi komórkami korka, tzw. **p r z e t c h l i n k i** (ryc. 151 i 152). Są one szczególnie dobrze widoczne na młodych gałązkach.

W liściach roślin dwuliściennych budowa ogonka różni się od budowy blaszki. Do ogonka przechodzą z łodygi

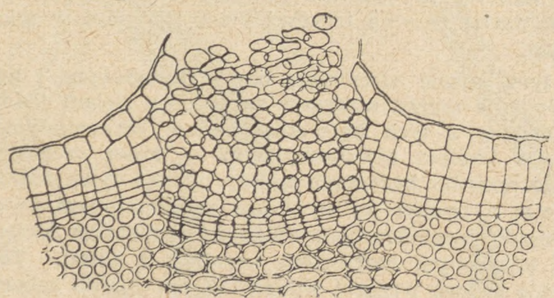



Ryc. 150. Lipa. Przekrój poprzeczny łyka; *rs* rurki sitowe, *kt* komórki towarzyszące, *m* miękisz łykowy, *w* włókno, *kw* komórki wydzielnicze z kryształami szczawianu wapnia, *pr* promień rdzeniowy. — Według S t r a s b u r g e r a

tkanki naczyniowa i sitowa w formie wiązek sitowo-naczyniowych. Ilość tych wiązek jest nieparzysta i bardzo różna: od jednej do wielu (ryc. 153). Idą one w ogonku równolegle, zwrócone częścią sitową w dół, naczyniową do góry. Jeżeli jest ich dużo, ustawiają się czasem z okółek, zwracając części sitowe na zewnątrz, jak u maliny. W tym przypadku ogonek mu budowę podobną do łodygi. Zaznacza się jednak w niej charakter liścia przez to, że układ wiązek jest symetryczny względem pionowej płaszczyzny, podczas gdy w łodydze wiązki są rozmieszczone równomiernie naokoło rdzenia.


Ryc. 151. Gałązka czarnego bzu (*Sambucus nigra*) z przetchlinkami

Wiązki z ogonka przechodzą do nerwów blaszki, gdzie rozgałęziają się wraz z nimi. Są one zawsze zwrócone do góry częścią naczyniową, tak samo jak u jednoliściennych (ryc. 154). Prawie zawsze widzi się przy nich tkankę mechaniczną. Cieńsze części liścia między nerwami są zajęte przez tkankę asymilacyjną, która zwykle wyraźnie różnicuje się na tkankę palisadową i gąbczastą (ryc. 72). Obie wreszcie powierzchnie blaszki są pokryte skórką, w której dostrzec można, głównie na stronie dolnej, szparki oddechowe.

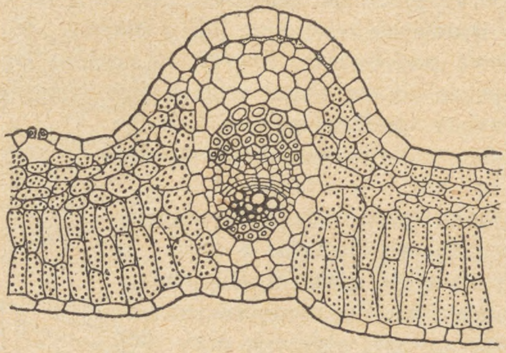

Ryc. 152. Bez czarny. Przekrój przetchlinki. — Według Strasburgera



Ryc. 153. Układ wiązek sitowo-naczyniowych w ogonkach liściowych. Tkanka naczyniowa oznaczona czarną barwą

POKAZY. Budowę korzenia najlepiej jest zaobserwować na siewkach rzodkiewki i grochu. Korzeń rzodkiewki posiada najbardziej rozpowszechnioną u dwuliściennych budowę o dwóch wiązkach. W starszych korze-

niach, łatwiejszych do krajania niż młodsze, zjawiają się tkanki wtórne gmatwające obraz. Jasny obraz dają korzenie przybyszowe jaskra nie mające przyrostu wtórnego, jest w nich 4—5 wiązek.



Ryc. 154. Przekrój poprzeczny liścia buka *(Fagus silvatica)* poprowadzony przez nerw. — Według Strasburgera

Pierwotną budowę łodygi najlepiej zaobserwować na jaskrze, koniczynie (młode łodygi) i grochu lub bobie.

Budowę liści można zobaczyć na łubinie, buku.

Do poznania budowy drewna drzew liściastych najlepiej nadaje się lipa. Dla zmiękczenia trzeba drewno trzymać przez parę dni w mieszaninie gliceryny z alkoholem.

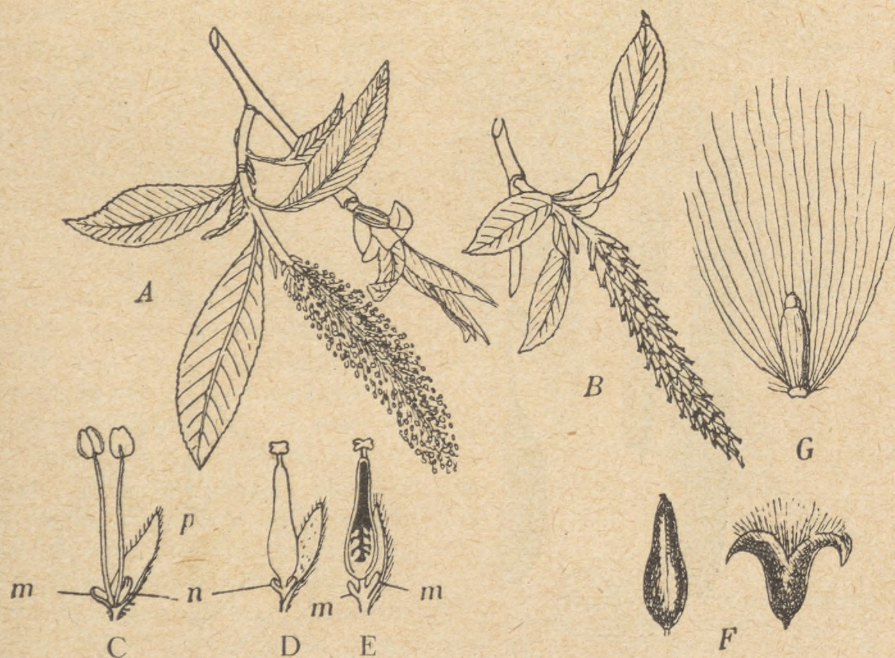
Należy przy tym barwić zdrewniałe błony floroglucyną i kwasem solnym. Podwójne zabarwienie można otrzymać za pomocą zieleni jodowej i karminu ałunowego. Pierwszy z tych barwików nadaje zdrewniałym błonom kolor zielony, drugi zaś błonom niezdrewniałym — kolor czerwony. Przed zastosowaniem tego sposobu barwienia należy usunąć żywą zawartość komórek wodą Javelle'a, a resztki jej wypłukać rozcieńczonym kwasem octowym. Działa się następnie rozcieńczonym wodnym roztworem zieleni, a po przepłukaniu wodą nasyconym roztworem karminu i ałunu. Ten ostatni roztwór przygotowuje się we wrzącej wodzie. W ten sposób zabarwione skrawki doskonale nadają się do trwałych preparatów. Można go oczywiście stosować do wszelkich preparatów z anatomii roślin. Natomiast zabarwienie floroglucyną nie jest trwałe.

44. PODZIAŁ. Rośliny dwuliścienne są liczniejsze od jednoliściennych i bardziej rozmaite. Dzielą się one na trzy podgromady: bezpłatkowe *(Apetalae)*, wolnopłatkowe *(Dialypetalae)* i zrosłopłatkowe *(Gamopetalae)*.

Bezpłatkowe, jak sama nazwa wskazuje, nie mają płatków. Okwiat ich jest zielony albo białawy, a czasami nie kształtuje się wcale. Jeżeli nawet wyjątkowo, jak u gryki, jest barwny, to już cały — bez zróżnicowania na zielone działki i barwne płatki. Kwiaty są często rozdzielnopłciowe: oddzielnie z pręcikami (męskie) i ze słupkami (żeńskie).

U wolnopłatkowych i zrosłopłatkowych zróżnicowanie okwiatu na kielich i koronę występuje stale, ale w pierwszej grupie płatki są wolne, w dugiej zaś zrośnięte. Kwiaty są w obu grupach z reguły obupłciowe: z pręcikami i słupkami.

45. BEZPŁATKOWE. Najliczniejszą rodziną tej grupy są wilczomleczowate *(Euphorbiaceae)*, liczące 7 tysięcy gatunków. Rośliny te mają kwiaty bardzo różnie zbudowane, zawsze jednak rozdzielnopłciowe, zebrane w złożone kwiatostany. Stałą ich cechą jest zalążnia o trzech komorach, z pojedynczymi w nich zalążkami oraz gałęziste naczynia mleczne, zawierające kauczuk. Celem eksploatacji tego cennego

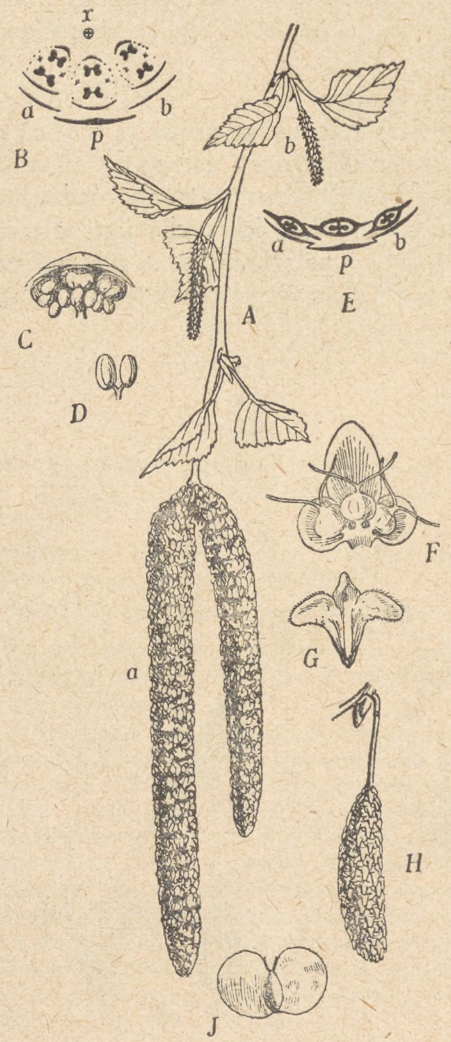



Ryc. 155. Wierzba *(Salix fragilis)* — *A* Gałązka z męskim kwiatostanem. — *B* Gałązka z żeńskim kwiatostanem. — *C* Kwiat pręcikowy; *m* miodniki, *p* przykwiatek. — *D* Kwiat żeński. — *E* To samo w przekroju. — *F* Torebka. — *G* Nasienie. — Według Strasburgera

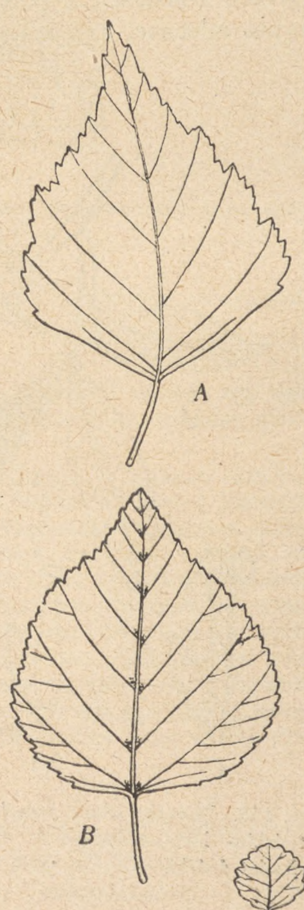
surowca niektóre drzewiaste gatunki tropikalne są kultywowane w wielkich ilościach, głównie w angielskich koloniach Malajskich. Przykładem może służyć *Hevea brasiliensis*. W ogóle wilczomleczowate są to przeważnie tropikalne rośliny drzewiaste. Z roślin pożytecznych warto jeszcze wspomnieć o rączniku *(Ricinus communis)*, dostarczającym cennego

oleju rycynowego. We florze polskiej rodzina ta jest reprezentowana głównie przez 24 zielne gatunki głównego rodzaju w i l c z o m l e c z *(Euphorbia)*, liczącego ogółem 1 600 gatunków.

Najważniejszych przedstawicieli roślin bezpłatkowych flory polskiej znajdujemy wśród drzew



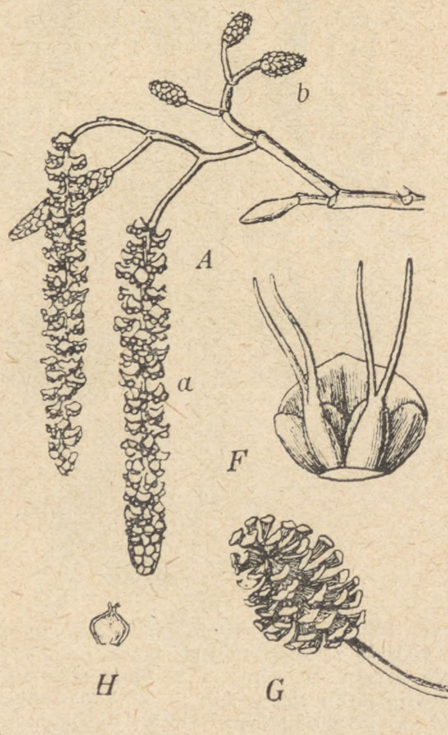

Ryc. 156. Brzoza brodawkowata *(Betula verrucosa)*. — *A* Gałązka z kotkami męskimi *(a)* i żeńskimi *(b)*. — *C* Grupa trzech kwiatów męskich, osadzonych w pachwinie łuski złożonej z przykwiatków. Każdy kwiat składa się z dwóch pręcików bez okwiatu. — *D* Pręcik z rozdwojonym pylnikiem. — *F* Grupa trzech kwiatów żeńskich, osadzona w pachwinie łuski utworzonej z przykwiatków. Kwiaty te składają się ze słupka bez okwiatu. — *G* Łuska owocowa. — *H* Dojrzały kotek żeński. — *J* Orzeszek z dwoma skrzydełkami. — Wg S t r a s b u r g e r a




Ryc. 157. Liście brzóz. — *A* Brzoza brodawkowata *(Betula verrucosa)*. — *B* Brzoza omszona *(B. pubescens)*. — *C* Brzoza karłowata *(B. nana)*

i krzewów liściastych. Odrębne miejsce zajmuje wśród nich rodzina wierzbowatych *(Salicaceae)*, złożona z rodzajów: w i e r z b a *(Salix*, 170 gatunków) i t o p o l a *(Populus*, 30 gatunków). Są to rośliny d w u p i e n n e, to znaczy mające kwiaty pręcikowe (męskie) u jednych osobników, a słupkowe (żeńskie) u innych. Kwiaty są zebrane w kłosy (ryc. 115) i rozkwitają na wiosnę jednocześnie z liśćmi. Mimo braku okwiatu, kwiaty są zapylane przez owady, a to dzięki wytwarzaniu nektaru. Ciekawe są nasiona tych roślin, które tworzą się w pękających suchych owocach, torebkach w dużej ilości i są opatrzone pękami włosków. Tracą one zdolność kiełkowania już po kilku dniach. W Polsce mamy 26 gatunków wierzb i 3 gatunki topoli. Wierzby mają charakterystyczne wąskie liście, topole przeciwnie, szerokie. Niektóre gatunki wierzb są cenne przez swoje cienkie giętkie pędy, dostarczające wikliny, np. wierzba wiciowa *(Salis viminalis)*. Kora wierzb dostarcza cennego garbnika. Miękkie drewno topoli używane jest do wyrobu papieru.

Inne nasze bezpłatkowe drzewa i krzewy liściaste mają również rozdzielnopłciowe kwiaty, ale są j e d n o p i e n n e, to znaczy wytwarzają oba rodzaje kwiatów na tych samych okazach. Kwiaty te są opatrzone niepozornym okwiatem albo nie mają okwiatu w ogóle. Z powodu braku miodników owady ich nie odwiedzają i zapylanie odbywa się pod działaniem wiatru. Kwiaty omawianych drzew rozwijają się przeważnie wczesną wiosną. Są one zazwyczaj zebrane w zwieszające się kłosy, zwane k o t k a m i, które zresztą widzi się także u brzozy (ryc. 156). Owoce mają formę orzechów różnej wielkości z pojedynczym nasieniem i twardą owocnią, jakkolwiek zalążnie są 2—5 komórkowe. Należą tu rodzaje następujące: b r z o z a *(Betula*, 37 gatunków), o l s z a *(Alnus*, 17 gatunków), l e s z c z y n a *(Corylus*, 8 gatunków) i g r a b *(Carpinus*, 18 gatunków), z rodziny b r z o z o w a t y c h *(Betulaceae)*, dalej b u k *(Fagus*, 7 gatunków) i d ą b *(Quer-*




Ryc. 158. Olsza czarna *(Alnus glutinosa)* — *A* Gałązka z kotkami męskimi *(a)* i żeńskimi *(b)* — *F* Dwa kwiaty żeńskie, osadzone w pachwinie łuski złożonej z przykwiatków. — *G* Dojrzały kotek żeński (szyszka). — *H* Owoc. — Według S t r a s b u r g e r a

*cus*, 200 gatunków) z rodziny bukowatych *(Fagaceae)* i wreszcie wiąz *(Ulmus*, 26 gatunków), z rodziny wiązowatych *(Ulmaceae)*. W tej ostatniej rodzinie kwiaty są obupłciowe.

Rozpatrzmy nieco dokładniej te drzewa. Brzóz jest w Polsce 7 gatunków, z których najpospolitszy jest brzoza brodawkowata *(Betula verrucosa)* o charakterystycznej białej korowinie (ryc. 157*A*). Bardzo do niej podobna jest brzoza omszona [*B. pubescens* (ryc. 157 *B*)], rosnąca głównie na podmokłych terenach. Z innych gatunków bardzo ciekawa jest brzoza karłowata [*B. nana* (ryc. 157 *C*)], drobny krzew o okrągłych liściach, występujący obecnie bardzo rzadko (koło Chełmna). Stanowi on pozostałość z epoki lodowej, w której pokładach spotyka się w wielu miejscach jego charakterystyczne liście. U brzóz zarówno kwiaty męskie jak i żeńskie są zebrane w kotki. Kotki żeńskie rozsypują się przy dojrzewaniu. Orzechy są bardzo drobne, oskrzydlone.




Ryc. 159. Leszczyna *(Corylus Avellana)*. 1. Gałązka z kwiatostanami: żeńskim w formie pączka (u góry) i dwoma męskimi zwieszającymi się w dół. — 2. Kwiat męski z przykwiatkiem. — 3. Pręcik. — 4. Przekrój kwiatu żeńskiego z przykwiatkami. — 5. Owoc (orzech) z okrywą powstałą z przykwiatków. — 6. Owoc osobno. — 7. Liść. — Według Wossidlo

U olsz żeńskie kwiatostany są trwałe, sztywne, w postaci szyszeczek i tylko męskie zwieszają się. Orzeszki nie są oskrzydlone. Z trzech naszych gatunków najważniejszym jest olsza czarna *(Alnus glutinosa)*, pospolita w podmokłych miejscach (ryc. 158).

Jedyna nasza leszczyna [*Corylus Avellana* (ryc. 159)] jest krzewem zakwitającym najwcześniej, nieraz nawet w lutym. Kwiatostany męskie tego krzewu są typowymi kotkami, natomiast żeńskie, złożone z niewielu kwiatów, przypominają swoim wyglądem pączek. Dosyć duże orzechy są otoczone liściastą okrywą.

Jedyny nasz grab [*Carpinus Betulus* (ryc. 160)] jest dużym drzewem z obu rodzajami kwiatów zebranymi w zwisłe kłosy (kotki). Orzech jest z jednej tylko strony osłonięty przez liściastą pokrywę.

Charakterystyczne dla dębów są osobliwe owoce, które noszą nazwę żołędzi. Są to wydłużone orzechy, otoczone u podstawy miseczką.

Mamy ich w Polsce dwa zbliżone do siebie gatunki (ryc. 161): dąb dwuszypułkowy *(Quercus pedunculata)* i krótkoszypułkowy *(Q. sessiliflora)*. Różnice między nimi tkwią w długości kwiatostanów żeńskich oraz ogonków liściastych. Dęby dostarczają doskonałego budulca i cennych garbników.




Ryc. 160 Grab. *(Carpinus Betulus)*. — *A* Gałązka z męskim *(a)* i żeńskim *(b)* kotkiem. — *B* Kwiat męski w pachwinie przykwiatka, złożony z samych tylko pręcików. — *C* Pręcik z rozdwojonym pylnikiem. — *D* Grupa dwóch kwiatów żeńskich w pachwinie przykwiatka $(P_1)$ z dodatkowymi przykwiatkami $(P_2)$. — *E* Kwiat żeński z okwiatem *(okw)*. — *F* Owoc z łuską powstałą z przykwiatków. — Według S t r a s b u r g e r a

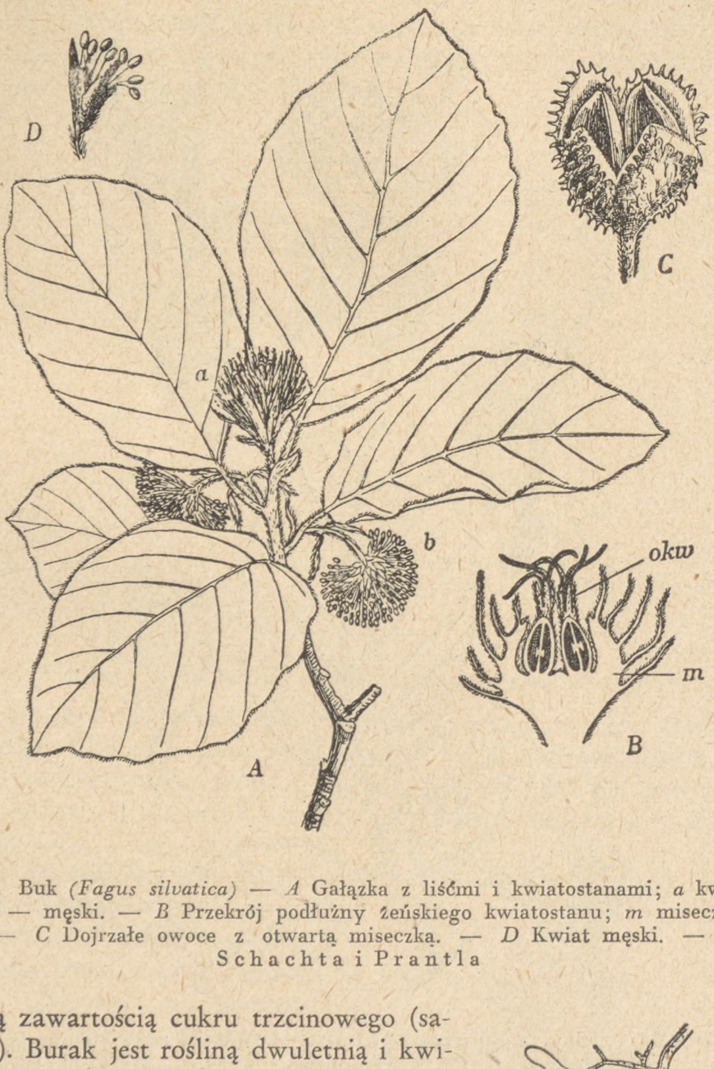
Jedyny nasz buk *(Fagus silvatica)* jest rośliną łagodnego, wilgotnego klimatu. Dlatego też rośnie w Polsce tylko w zachodniej części niżu oraz w niższych okolicach górskich. Kwiatostany jego nie są kłosokształtne, lecz zbite (ryc. 162). Orzechy tworzą się po dwa razem, otoczone wspólną powłoką, tzw. b u k w i ą. Buk, podobnie jak prawie wszystkie nasze drzewa leśne, tworzy m y k o r h i z ę, połączenie korzeni z grzybnią, oplecione warstwą strzępek, które zastępują włośniki. Mykorhiza jest grubsza od zwykłych korzeni (ryc. 163).

Wreszcie wiązy *(Ulmus)*, których mamy trzy gatunki, są drzewami z zebranymi w pęki obupłciowymi kwiatami i charakterystycznymi oskrzydlonymi orzeszkami (ryc. 164).




Ryc. 161. *A* — *B* Dąb szypułkowy *(Quercus pedunculata)*. — *A* Liść i kwiatostan żeński. — *B* Owoc (żołądź). — *C* — *J* Dąb bezszypułkowy *(Q. sessiliflora)*. — *C* kwiatostany męskie. — *D* Część kwiatostanu męskiego silniej powiększona. — *F* Żeński kwiatostan w większej skali. — *G* Przekrój podłużny żeńskiego kwiatu; *okw* okwiat, *m* miseczka. — *H* Diagramat męskiego kwiatu. — *J* Diagramat żeńskiego kwiatu. — Według Strasburgera

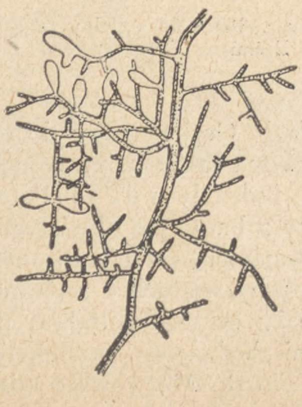
Z bezpłatkowych roślin zielnych trzeba wymienić przede wszystkim rodzinę komosowatych *(Chonopodiaceae)*, która jest u nas reprezentowana głównie przez uciążliwe chwasty, jak komosy *(Chenopodium)* i lebiody *(Atriplex)*. Charakteryzuje się ona budową nasienia, w którym zarodek nie mieści się w środku otoczony przez bielmo, lecz przeciwnie, bielmo jest w środku, otoczone przez zgięty zarodek. Podobną budowę spotykamy między wolnopłatkowymi u goździkowatych, np. u kąkola. Rodzina komosowatych zasługuje na szczególną uwagę ze względu na obcokrajowe uprawiane u nas rośliny: szpinak *(Spinacia sativa)* i burak *(Beta vulgaris)*. Zwłaszcza ta ostatnia ma wielkie znaczenie. Jest to roślina dwuletnia pochodzenia śródziemnomorskiego, wywodząca się z nadmorskiego gatunku *Beta maritima*. Główną różnicę między tymi gatunkami znajdujemy w korzeniu, który u dzikiego nadmorskiego buraka jest cienki i twardy, zaś u uprawionego gruby i miękki,




Ryc. 162. Buk *(Fagus silvatica)* — *A* Gałązka z liśćmi i kwiatostanami; *a* kwiatostan żeński, *b* — męski. — *B* Przekrój podłużny żeńskiego kwiatostanu; *m* miseczka, *okw* okwiat. — *C* Dojrzałe owoce z otwartą miseczką. — *D* Kwiat męski. — Według Schachta i Prantla

z wielką zawartością cukru trzcinowego (sacharozy). Burak jest rośliną dwuletnią i kwitnie przeto w drugim roku zużytkowując zapasy nagromadzone w korzeniu.

Oprócz buraka do roślin bezpłatkowych należą jeszcze inne rośliny uprawne: gryka *(Fagopyrum eseulentum)* i konopie *(Cannabis sativa)*, pochodzące z Azji środkowej oraz dziko rosnący chmiel *(Humulus Lupu-*



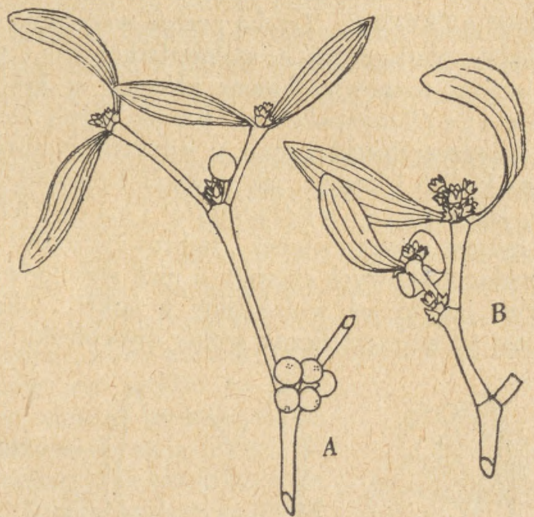
Ryc. 163. Buk. Część systemu korzeniowego z mykorhizą; rozgałęzienia, żyjące w symbiozie z grzybami. wyróżniają się nabrzmieniem .— Według Müllera




Ryc. 164. Wiąz polny *(Ulmus campestris)* — *A* Gałązka z kwiatami. — *B* Gałązka z liśćmi. — *C* Kwiat. — *D* Kwiat w przekroju. — *E* Owoc. — Wg S t r a s b u r g e r a

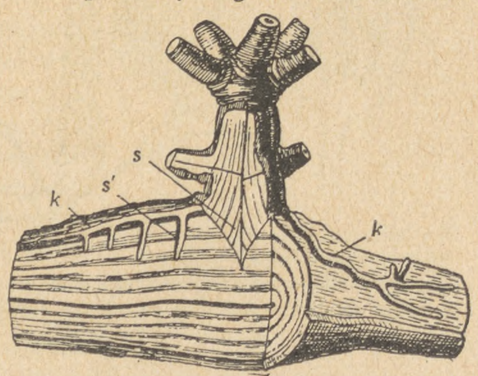
*lus).* Gryka należy do rodziny r d e s t o w a t y c h *(Polygonaceae),* która ma także dziko rosnących przedstawicieli we florze polskiej, głównie z rodzajów r d e s t *(Polygonum)* i s z c z a w *(Rumex).* Gryka ma kwiaty z barwnym okwiatem i cenne owoce w postaci orzeszków, z dużą zawartością skrobi. Konopie i chmiel są to rośliny dwupienne o niepozornych kwiatach z rodziny m o r w o w a t y c h *(Moraceae),* do której należy oczywiście także, pochodząca z Azji wschodniej, morwa *(Morus),* niezbędna do produkcji jedwabiu. Do tej rodziny należą także f i g i *(Ficus).* Morwowate odznaczają się gałęzistymi naczyniami mlecznymi.

Konopie tworzą w łodydze cenne włókna, w nasionach — niemniej cenny olej. Kwiatostany żeńskie chmielu są użytkowane do wyrobu piwa, dzięki zawartości olejku wytwarzanego przez charakterystyczne tarczkowate włoski (zob. ryc. 93).




Ryc. 165. Jemioła (*Viscum album*). Żeński okaz z jagodami (*A*) i kwiatami (*B*)

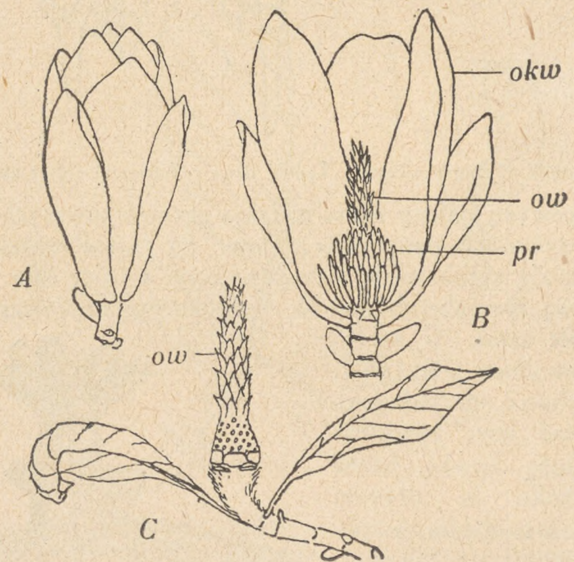
Do bezpłatkowych należy także rodzina gązewnikowatych (*Loranthaceae*) bardzo dziwnych pasożytów drzew. Są to rośliny zielone, które z drzew pobierają tylko wodę i rozpuszczone w niej sole pokarmowe, a to za pomocą specjalnych ssawek — pokarmy organiczne natomiast produkują sobie same. U naszej jemioły [*Viscum album* (ryc. 165)], która może służyć przykładem, pęd wrasta pod korę żywiciela i wytwarza dużą ssawkę, która wchodzi głęboko w drewno (ryc. 166). Z tego pędu, w pobliżu ssawki, wyrastają korzenie, które biegną między korą a drewnem i wypuszczają także ssawki, tylko mniejsze. Jemioła jest rośliną dwupienną. Owocem jej jest jagoda (tak nazywamy owoce z owocnią całkowicie miękką, soczystą). Ptaki chętnie zjadają te jagody i, czyszcząc dzioby o gałęzie drzew, osadzają na nich lepkie nasiona.




Ryc. 166. Jemioła. Dolna część starego krzaka. Gałąź żywiciela jest częściowo rozłupana do środka, częściowo obrana z kory; *k* korzenie jemioły, *s* pierwotna stawka, która wytworzyła się z części podliścieniowej zarodka przy kiełkowaniu nasienia jemioły, *s*¹ ssawki wtórne wyrośnięte z korzeni. — Według Sachsa

Spomiędzy roślin bezpłatkowych nie można wreszcie pominąć pokrzywy *(Urtica)* z rodziny pokrzywowatych *(Urticaceae)*, a to z uwagi na ciekawe włoski parzące, o których była już mowa w ust. 28 (zob. ryc. 79).

46. WOLNOPŁATKOWE. Trzeba przede wszystkim omówić formy przejściowe między płatkowymi a wolnopłatkowymi. Charakter taki mają między innymi rozpowszechnione głównie w krajach chłodniejszych jaskrowate *(Ranunculaceae)*. Bardzo różnie zbudowane kwiaty tej rodziny, nieraz grzbieciste, mają u jednych przedstawicieli okwiat zróżnicowany na kielich i koronę, jak u jaskra i piwonii, u innych natomiast jednolity, jak u sasanki *(Pulsatilla)* i kaczeńca *(Caltha)* — różnej barwy, czasem nawet zielonej. Jaskrowate nadto wyróżniają się od większości wolnopłatkowych częstym u nich występowaniem spiralnej budowy kwiatów, jak to już widzieliśmy u jaskra. Charakterystyczną cechą tej rodziny są wreszcie liczne wolne owocolistki. Z nich tworzą



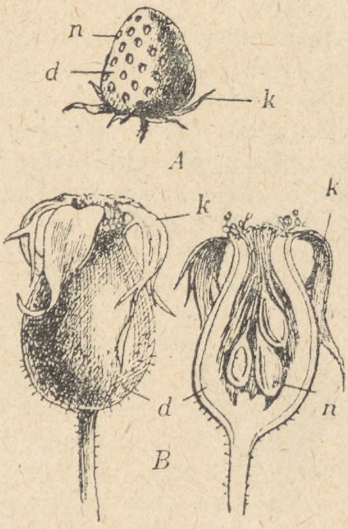

Ryc. 167. Magnolia *(Magnolia conspicua)* — *A* Kwiat widziany z boku. — *B* Przekrój podłużny kwiatu. — *C* Kwiat po odjęciu okwiatu i pręcików. — Oznaczenia: *okw* okwiat, *pr* pręciki, *ow* słupki. — Według Massarta

się niełupki, jak u jaskra, albo mieszki, jak u kaczeńca. Niełupka jest orzeszkiem o wiotkiej owocni. Mieszek jest to pewnego rodzaju torebka jednokomorowa, otwierająca się z jednej strony podłużnym pęknięciem. Nasiona są opatrzone bielmem.

Jaskrowate są roślinami zielonymi. W krajach ciepłych występują podobne do nich rośliny drzewiaste. Na szczególną uwagę zasługuje ro-

dzina m a g n o l i o w a t y c h *(Magnoliaceae)*, z której magnolie [*Magnolia* (ryc. 167)] i tulipanowce *(Liriodendron)* są czasem sadzone u nas w ogrodach dla swych pięknych kwiatów. Są to rośliny ciekawe z uwagi na to, że należą do najstarszych roślin okrytozalążkowych, i w Grenlandii znaleziono ich resztki w pokładach kredowych. Były one początkowo szeroko rozpowszechnione na półkuli północnej — rosły do epoki lodowej (dyluwium) także w Polsce, jak to stwierdził prof. S z a f e r, w pokładach przeddyluwialnych z okolic Krościenka. Obecnie rośliny te zachowały się głównie w atlantyckiej Ameryce północnej i w Azji wschodniej (w Chinach i w Japonii).

Wolne albo tylko u podstawy zrośnięte owocolistki mają również r ó ż o w a t e *(Rosaceae)*, bardzo ważna rodzina licząca około 2 tysięcy gatunków. W przeciwieństwie jednak do jaskrowatych kwiaty ich mają budowę okółkową, a okwiat jest stale zróżnicowany na kielich i koronę, tak jak u wszystkich innych wolnopłatkowych, które będziemy omawiali w dalszym ciągu. Charakterystyczną cechą większości różowatych jest wklęsłe dno kwiatowe, które widzimy wyraźnie u wiśni i róży (ryc. 106). Działek i płatków jest zwykle po pięć pręciki są liczne, ułożone w kilka okółków. Owocolistki też bywają liczne, ale nieraz ich ilość redukuje się do kilku i nawet do jednego. Bardzo ciekawe są owoce — często soczyste, dzięki czemu rośliny te odgrywają ważną rolę w sadownictwie. Nasiona nie zawierają bielma. Różowate są przeważnie drzewiaste o prostych lub złożonych liściach, opatrzonych przylistkami.



Ryc. 168. Owoce poziomki *(A)* i róży *(B)*; *d* dno kwiatowe, *n* niełupki, *k* kielich. — Według B o n n i e r a

Najważniejsze rodzaje są następujące: Zaczniemy od róży *(Rosa)*, od której wywodzi się nazwa rodziny. Promieniste, jak prawie zawsze w tej rodzinie, kwiaty róży mają dno kwiatowe silnie wklęsłe (ryc. 103*B*). Po przekwitnięciu rozrasta się ono i przybiera czerwoną barwę tworząc charakterystyczny f a ł s z y w y owoc (ryc. 168*B*). Tak nazywają się owoce, wytworzone przy współudziale dna kwiatowego. Właściwymi owocami są drobne niełupki, które tworzą się z licznych, osadzonych we wgłębieniu dna kwiatowego, słupków i w nim pozostają. Pięknie zabarwione, pachnące płatki powodują, że róża jest uważana za najpiękniejszą z roślin ozdobnych. Rodzaj ten liczy ponad 100 gatunków krzewów, czasem pnących się, o nieparzysto-pierzastych liściach. Do tego dochodzą jeszcze mięszańce naturalne i sztuczne, powodujące ogromną zmienność.

Dalej omówić należy rodzaj: wiśnia *(Prunus)*, złożony z drzew o prostych liściach ponad 150 gatunków, głównie z Azji wschodniej. Charakteryzują go kwiaty, tak samo jak u róży, typowo okołozalążniowe, ale z pojedynczym słupkiem (ryc. 103C). Owoce są odmienne. Dno kwiatowe niszczeje i z zalążni tworzy się soczysty pestkowiec. Jest to owoc z owocnią tylko częściowo soczystą, a mianowicie soczysta jest warstwa zewnętrzna, podczas gdy warstwa wewnętrzna jest twarda i tworzy pestkę. Wewnątrz pestki mieści się pojedyncze nasienie. Do omawianego rodzaju oprócz właściwej wiśni *(Prunus cerasus)* należy dużo innych drzew owocowych: czereśnia *(P. avium)*, śliwa *(P. domestica)*, brzoskwinia *(P. persica)*, morela *(P. armeniaca)* i wreszcie migdał *(P. amygdalus)*, u którego owocnia nie jest tak soczysta, jak u innych przytoczonych gatunków.

Z kolei trzeba rozpatrzyć rodzaj również drzewiasty: *Pirus*, do którego należą: grusza *(P. communis)*, jabłoń *(P. Malus)*, jarzębina *(P. aucuparia)* i niektóre inne. Owocolistków jest tu 4—5. Są one w dolnej części zwinięte i przyrośnięte do dna kwiatowego pozostawiając wolne szyjki (ryc. 106 *D*). Kwiaty są więc nie okołozalążniowe, jak w dwóch poprzednich rodzinach, lecz nadzalążniowe. W związku z tym znane powszechnie owoce tego rodzaju gruszki i jabłka mają charakter owoców fałszywych: ich soczysta zewnętrzna warstwa pochodzi z dna kwiatowego. Liście jarzębiny są nieparzysto-pierzaste, u innych gatunków proste. Wszystkie wymienione powyżej uprawiane drzewa owocowe są złożonymi mieszańcami i przeto nie utrzymują się w typie przy rozmnażaniu z nasion.

Omówić jeszcze trzeba rodzaje: poziomka *(Fragaria)* i malina *(Rubus)*. Dno kwiatowe w tych dwóch rodzinach jest silnie wypukłe, u podstawy opatrzone lekko wklęsłą, talerzykowatą obwódką. Na wypukłości osadzone są owalne, liczne słupki, na obwodzie jej zaś pręciki i okwiat. U poziomki kielich jest podwójny: pod 5-działkowym kielichem właściwym znajduje się jeszcze 5-działkowy kieliszek. Owoc jest bardzo charakterystyczny: jest on złożony z rozwiniętej, soczystej, wypukłej części dna kwiatowego, na której mieszczą się drobne niełupki, powstałe ze słupków (ryc. 168*A*). Poziomki, których jest kilka gatunków, mają liście o trzech blaszkach i charakterystyczne rozłogi (zob. ryc. 18). Ogrodowe truskawki o dużych owocach są mieszańcami naszej dzikiej poziomki *(Fragaria vesca)* z innymi gatunkami. Przez wegetatywne rozmnażanie za pomocą rozłogów utrzymuje się je w typie.

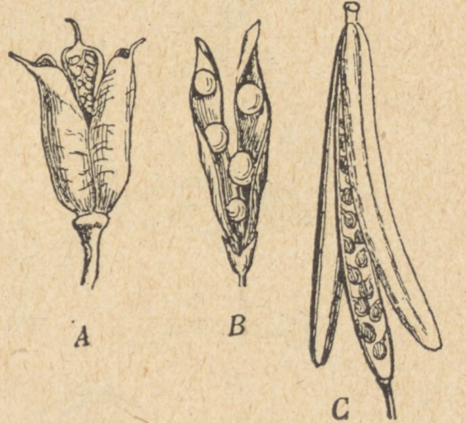


Ryc. 169. Owoc jeżyny *(Rubus fruticosus)*. — Według Bonniera

Maliny różnią się od przytoczonych poprzednio rodzajów poziomki swą krzewiastą formą oraz owocami. Słupki ich wytwarzają liczne drobne pestkowce, które sklejają się i tworzą jak gdyby powłokę na wypu-

kłej części dna kwiatowego (ryc. 169). Są to krzewy z pierzastymi liśćmi o 3—7 blaszkach. Poza maliną właściwą *(Rubus idaeus)* o czerwonych owocach rosną u nas liczne bardzo zmienne gatunki jeżyn, o owocach ciemnej barwy, należące do tego samego rodzaju.

Do różowatych zbliżona jest rodzina porzeczkowatych *(Cussak fragasceae)*. Różnią się one od różowatych tym, że mają dwa tylko owocolistki, w dolnej części zrośnięte i tworzące dolną zalążnię. Tylko szyjki są wolne. Są to krzewy z soczystymi owocami — jagodami. W skład rodziny wchodzi tylko jeden rodzaj: porzeczka *(Ribes)*, liczący kilkadziesiąt gatunków opracowanych przez Janczewskiego. Liczne gatunki są uprawiane dla cennych owoców, np. porzeczka czerwona *(Ribes rubrum)* i czarna *(R. nigrum)* oraz agrest *(R. Grossularia)*.

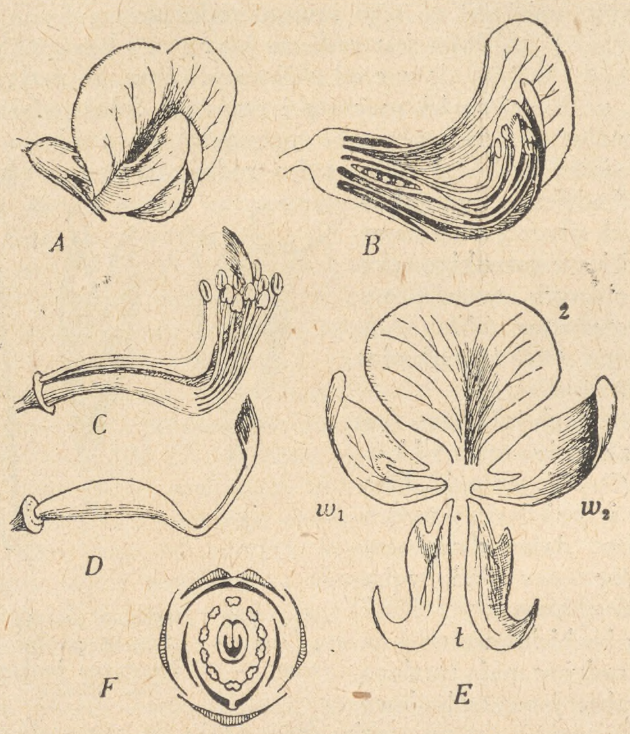


Ryc. 170. *A* Mieszek ostróżki *(Delphinium elatum)*. — *B* Strąk grochu *(Pisum sativum)*. — *C* Łuszczyna lewkonii *(Cheiranthus Cheiri)*

Do różowatych zbliżona jest także wielka rodzina motylkowatych *(Papilionaceae)*. Charakteryzuje ją pojedynczy owocolistek, który daje charakterystyczny owoc — strąk, pękający na dwie łupiny (ryc. 170*B*) zawierający bezbielmowe nasiona. Kwiaty tej rodziny mają ustaloną, bardzo charakterystyczną budowę, którą można poznać np. na grochu (ryc. 171). Są one grzbieciste. Kielich składa się z 5 zrośniętych działek, niewiele różniących się między sobą. Duże natomiast różnice wykazują płatki. Największy z nich, górny, zwany żagielkiem, obejmuje wszystkie inne. Do niego przylegają od wewnątrz dwa boczne wiosełka — te zaś obejmują dwa inne, zrośnięte wewnątrz ze sobą, tworzące tzw. łódeczkę. Pręciki w ilości dziesięciu są przeważnie zrośnięte nitkami, z wyjątkiem dolnego, który jest wolny. Słupek, jak to już było zaznaczone, jest pojedynczy, o jednokomorowej zalążni i dosyć długiej szyjce.

Motylkowate odznaczają się bardzo ważną cechą natury fizjologicznej. Żyją one mianowicie w symbiozie z bakteriami z rodzaju *Rhizobium*, wiążącymi wolny azot powietrzny. Bakterie te wchodzą przez włośniki do kory korzeni i powodują w niej przerosty, skutkiem czego tworzą się na korzeniach małe bulwy. Dzięki wytwarzanym przez bakterie odżywczym związkom azotowym motylkowate mogą doskonale rosnąć na glebach ubogich w pokarmy azotowe, użyźniając je zarazem. Do użyźniania gleby używa się niektórych gatunków łubinu, głównie żółtego *(Lupinus lutens)*, pochodzącego z krajów śródziemnomorskich. U łubinów wszystkie pręciki są zrośnięte.

Poza łubinem jest wśród motylkowatych wiele innych jeszcze roślin pożytecznych, uprawianych bądź to na paszę, jak k o n i c z y n y *(Trifolium)*, l u c e r n y *(Medicago)*, k o m o n i c e *(Lotus)*, s e r a d e l a



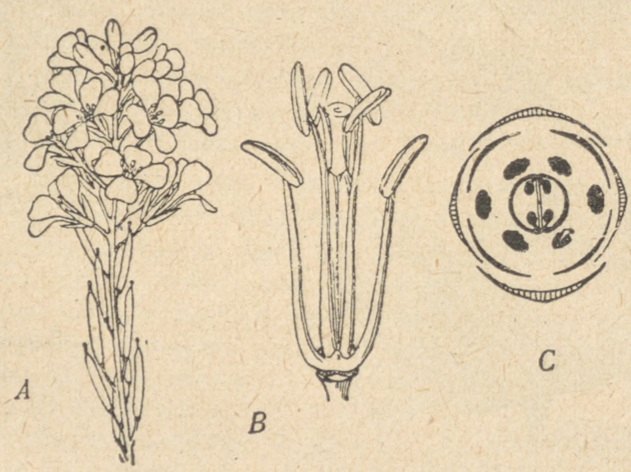

Ryc. 171. Groch *(Pisum sativum)*. — *A* Kwiat. — *B* Kwiat w przekroju podłużnym. — *C* Kwiat bez kielicha i korony. — *D* Słupek. — *E* Rozłożone płatki: *ż* żagielek, $w_1$ i $w_2$ wiosełka, *ł* łódeczka. — *F* Diagramat kwiatu. — Według B a i l l o n a

*(Ornithopus sativus)*, w y k a *(Vicia sativa)*, bądź też dla swoich pożywnych nasion, zawierających obok skrobi dużo ciał białkowych w formie aleuronu (zob. ryc. 7), jak g r o c h *(Pisum sativum)*, b ó b *(Vicia Faba)*, s o c z e w i c a *(Lens esculenta)*, f a s o l a *(Phaseolus vulgaris)*. Rośliny te pochodzą z krajów śródziemnomorskich lub z Bliskiego Wschodu, z wyjątkiem fasoli, która jest rośliną tropikalną, co ujawnia się w jej wielkiej wrażliwości na przymrozki.

Następnie omówić należy bardzo ważną rodzinę k r z y ż o w a t y c h *(Cruciferae)* liczącą około 3 tysięcy gatunków. Są to rośliny zielne, przeważnie śródziemnomorskie, obficie występujące także w naszej florze. Kwiaty ich mają charakterystyczną ustaloną budowę, którą można scharakteryzować przez wzór kwiatowy $K_4C_4A_6G_{(2)}$ (ryc. 172). Ciekawe są pręciki dla różnej długości swoich nitek: cztery z nich są dłuższe od pozostałych dwóch. Charakterystyczną cechą jest dalej kwiatostan w formie bezlistnego grona i wreszcie owoc ł u s z c z y n a z bezbielmowy-

mi nasionami. Łuszczyna jest to suchy, dwukomorowy owoc, pękający na trzy części: dwie łupiny i przegrodę z nasionami, która pozostaje na szypułce.

Do krzyżowatych należą bardzo ważne rośliny uprawne z rodzaju k a p u s t a *(Brassica)*. Wchodzą tu trzy gatunki, trudne do odróżnienia, jak to zresztą jest zwykle u krzyżowatych: k a p u s t a o g r o d o w a




Ryc. 172. Kapusta *(Brassica)* — *A* Kwiatostan z owocami w dolnej części. — *B* Kwiat bez okwiatu. — *C* Diagramat kwiatu

*(B. oleraceao)* oraz dwa inne gatunki bardzo podobne do siebie, r z e p a k *(B. Napus)* i r z e p a *(B. campestris* albo *Rapa)* mają dzióbek strąków dłuższy, zwężający się stopniowo. Odróżnić rzepak od rzepy można po położeniu pączków kwiatowych: u rzepaka są one ponad kwiatami, u rzepy przeciwnie rozwinięte kwiaty je przewyższają.

Te trzy gatunki wykazują wielką zmienność. Zwłaszcza kapusta ogrodowa tworzy liczne odmiany, z których najważniejsze są następujące (ryc. 173 i 174): g ł o w i a s t a *(var. capitata)* z liśćmi gęsto stułonymi w okrągłą główkę, k a l a f i o r *(var botrytis)* z ogromnym mięsistym kwiatostanem o nierozwiniętych kwiatach, b r u k s e l s k a *(var. gemmifera)* z wysoką łodygą tworzącą w pachwinach liści liczne główki, k a l a r e p a *(var. gongylodes)* z nasadą łodygi zgrubiałą. W główkach i innych rozwiniętych częściach tych roślin gromadzą się za-



Ryc. 173. Kalarepa



Kapusta głowiasta



Brukselka



Kalafior



Jarmuż



Kalarepa

Ryc. 174. Odmiany kapusty

pasy substancji organicznych, zużytkowywane w gospodarstwie. Rośliny korzystają z nich same do wytworzenia pędów kwiatowych w drugim roku swojego życia. Dzika odmiana, rosnąca nad morzem Śródziemnym i oceanem Atlantyckim, nie ma tych anormalnie rozwiniętych części pędów.

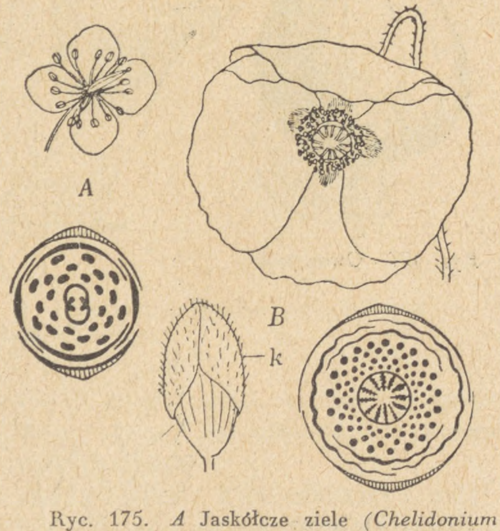
Rzepak tworzy dwie odmiany, roczną i zimową, które są uprawiane dla oleistych nasion. Istnieje poza tym odmiana ze zgrubiałym korzeniem — k a r p i e l *(var. napobrassica).*

Rzepa wreszcie ma dwie odmiany: jedną z cienkim korzeniem, tzw. r z e p i k, uprawianą dla otrzymania oleju z nasion — drugą z grubym jadalnym korzeniem, właściwą rzepę *(var. Rapa).*

Wszystkie te odmiany mają charakter gatunków elementarnych, bo przy rozmnażaniu nasionami utrzymują się w typie.

Do krzyżowatych należą dalej z roślin uprawnych: g o r c z y c a *(Sinapis alba),* mająca owoce i nasiona podobne do kapusty (nasiona jej zawierają żrący olejek służący do wyrobu musztardy) oraz r z o d k i e w *(Rhaphanus sativa),* o strąkach łamiących się na części, zawierające pojedyncze nasiona. Rzodkiew uprawia się dla mięsistych nabrzmień w dolnej części łodygi, które tworzą się w ziemi, jakkolwiek nie pochodzą z korzeni.

Do krzyżowatych zbliżona jest rodzina m a k o w a t y c h *(Papaveraceae),* odznaczająca się siatkowymi naczyniami mlecznymi. U maku sok zawiera opium i inne alkaloidy, stosowane w lecznictwie. Makowate mają w swoich kwiatach dwie działki, które opadają przy zakwitaniu (ryc. 175). Płatków jest cztery — pręciki liczne — owocolistków dwa. Pod tym względem mak stanowi przez swoje liczne owocolistki wyjątek, mak ogrodowy *(Papaver somniferum)* ma ich przeważnie dwanaście. Bardziej typową rośliną jest j a s k ó ł c z e z i e l e *(Chelidonium majus),* ciekawe przez swój nie biały, jak to zwykle bywa, lecz żółtawo-czerwony sok mleczny. Pod względem owoców mak jest także wyjątkiem w omawianej rodzinie: tworzy on dużą torebkę, która nie pęka na dnie łupiny, jak to jest u innych

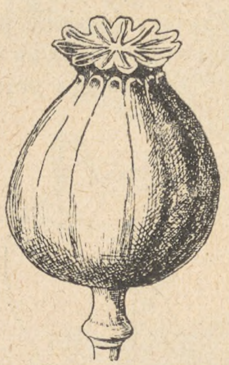


Ryc. 175. *A* Jaskółcze ziele *(Chelidonium majus).* Kwiat i jego diagramat. — *B* Mak *(Papaver somniferum).* Kwiat rozwijający się, kwiat rozwinięty i jego diagramat; *k* Kielich zrzucony przy rozwijaniu się kwiatu

makowatych, lecz otwiera się za pomocą dziurek w górnej części (ryc. 176). Nasiona makowatych zawierają oleiste bielmo (olej makowy!).

Do wolnopłatkowych należą niektóre nasze drzewa liściaste, mianowicie klony *(Acer)* i lipy *(Tilia)*. Klony z rodziny k l o n o w a t y c h *(Aceraceae)* mają niepozorne kwiaty zbudowane z czterokrotnych okółków $K_4\ C_4\ A_4{+}4\ G_{(2)}$. Owocolistków jest dwa. Dają one ciekawy owoc złożony z dwóch niełupek opatrzonych skrzydełkami. W Polsce rosną cztery gatunki klonów (ryc. 177).

Lipy, występujące u nas w dwóch gatunkach, należą do tropikalnej rodziny l i p o w a t y c h *[Tiliaceae* (ryc. 178)]. Budowa kwiatu da się wyrazić wzorem: $K_5\ C_5\ A\infty\ G_{(5)}$. Mimo że zalążnię mają 5-komorową, owocem ich jest orzeszek. Charakterystyczny jest kwiatostan opatrzony dużym przykwiatkiem. Z roślin tropikalnych zasługuje na uwagę j u t a *(Corchorus olitorius)*, roślina zielna, dostarczająca cennych włókien.



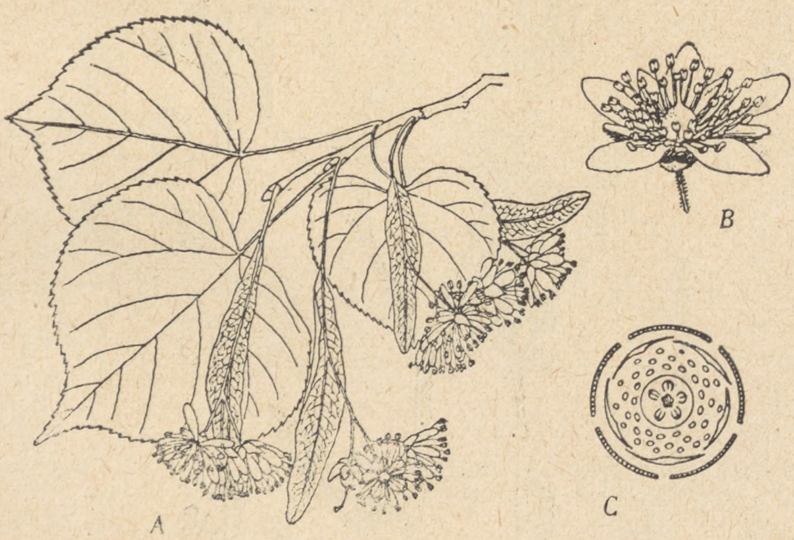
Ryc. 176. Owoc maku.




Ryc. 177. Klony polskie, ich liście i owoce. — *A* Klon zwyczajny (*Acer platanoides*). — *B* Jawor (*A. pseudoplatanus*) — Paklon (*A. campestre*) — *D* Klon tatarski (*A. tataricum*)

Z kolei poznać trzeba ciekawą, dużą rodzinę baldaszkowatych *(Umbelliferae)*, liczącą 2 600 gatunków roślin zielnych. Kwiaty ich, podobnie jak krzyżowatych, mają budowę ustaloną, a to według wzoru $K_5C_5A_5G_{(2)}$. Działki są bardzo drobne, ledwo widoczne, nieraz zupełnie zmarniałe.

Słupek ma dolną zalążnię i dwie szyjki (ryc. 179). W dwóch komorach słupka widzi się po jednym zalążku. Charakterystyczny jest owoc rozpadający się na dwie niełupki, które wiszą na rozdwojonym przedłużeniu szypułki. Nie mniej charakterystyczną cechą rodziny jest kwiatostan w formie złożonego baldachu. Jest to baldach, w którym na końcach promieni są osadzone, zamiast pojedynczych kwiatów, mniejsze baldachy. Dopiero na tych ostatnich znajdują się kwiaty. Baldaszkowate odznaczają się wytwarzaniem pachnących olejków, dzięki czemu pędy ich lub owoce są używane jako przyprawa do jedzenia. I tak w powszechnym użyciu są: koper *(Anethum sativum)*, pietruszka




Ryc. 178. Lipa *(Tilia parvifolia)*. — *A* Gałązka z kwiatami. — *B* Kwiat. — *C* Diagramat kwiatu

*(Petroselinum sativum)*, kminek *(Carum carvi)*, selery *(Apium graveolens)* i inne. Marchew *(Daucus carota)* jest uprawiana z innego powodu: dla swoich grubych, mięsistych korzeni.

Podobnie, jak baldaszkowate: dolną zalążnię z pojedynczymi zalążkami w komorach mają dereniowate *(Cornaceae)*, mała rodzina, złożona z niewielkich drzew i krzewów. Różnią się one od baldaszkowatych formą kwiatostanów i soczystymi owocami (pestkowcami). Pewne znaczenie, z powodu smacznych owoców, ma dereń [*Cornus mas* (ryc. 180)]. Kwiaty jego rozwijają się przed liśćmi, mają wzór $K_4 C_4 A_4 G_{(2)}$.

Na osobną uwagę zasługuje dalej rodzina goździkowatych *(Caryophyllaceae)* z uwagi na osobliwy kwiatostan, zwany wierzchotką (ryc. 181). Rozwija się w nim najpierw kwiat szczytowy, a nie dolny, jak we wszystkich poznanych dotąd kwiatostanach: gronach, kło-

sach, baldachach, które są ujmowane ogólną nazwą g r o n i a s t y c h dla przeciwstawienia wierzchotkom. Pod kwiatem szczytowym wyrastają u goździkowatych dwie gałęzie, z których każda jest zakończona kwiatem zakwitającym później. Pod tymi kwiatami wyrastają znowu dwie




Ryc. 179. Kminek *(Carum Carvi)* — *A* Pokrój rośliny. — *B* Kwiat. — *C* Przekrój podłużny kwiatu. — *D* Owoc

gałęzie, które kończą się kwiatami itd. Wierzchotka goździkowatych zwie się d w u p r o m i e n i s t ą z uwagi na podwójne gałęzie. U psiankowatych spotyka się także wierzchotki, ale innego typu. Charakterystyczną cechą goździkowatych jest nadto budowa nasienna ze środko-

wym bielmem, taka jak u komosowatych. Do tej rodziny należą między innymi goździki *(Dianthus)*, kąkol *(Agrostemma)* i rogownica *(Cerastium)*.



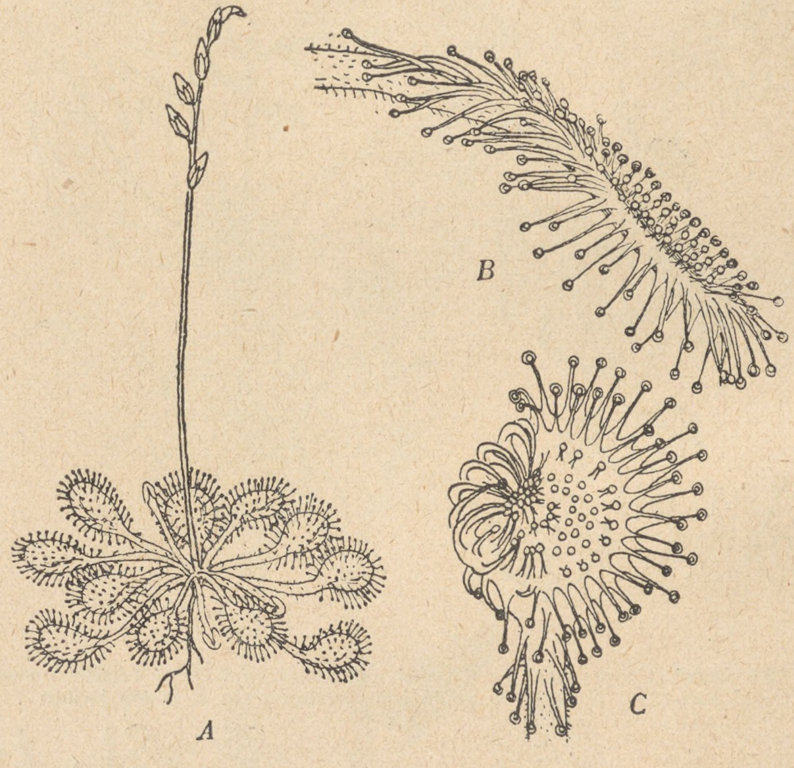

Ryc. 180. Dereń *(Cornus mas)*. — *A* Gałąź z kwiatami. — *B* Gałąź z liśćmi i owocami. *C* Kwiat. — *D* Kwiat w podłużnym przekroju. — *E* Narys kwiatu

Omawiając rodziny wolnopłatkowych, nie można wreszcie pominąć rosiczkowatych *(Droseraceae)*. Są to bardzo ciekawe rośliny o w a d o ż e r n e. Łapią one w różny sposób owady i wyzyskują ich składniki organiczne, które przetrawiają za pomocą soków, zbliżonych składem do soku trzustkowego. Najciekawsze z nich są rosiczki *(Drosera)*, które łapią owady przy pomocy osobliwych włosków, jakimi najeżone są ich liście (ryc. 182). Z nabrzmiałych końców tych włosków wydziela się sok trawienny. Mamy u nas 3 zbliżone gatunki tych roślin.



Ryc. 181. Dwupromienista wierzchotka rogownicy *(Cerastium collinum)*. Według D u c h a r t r e'a

Z najważniejszych roślin, należących do wolnopłatkowych, warto jeszcze wspomnieć o fiołkach *(Viola)*, bluszczu *(Hedera Helix)* oraz grzybieniach czyli liliach wodnych *(Nymphaea)*. Z roślin obcych zasługują na uwagę winorośl *(Vitis vinifera)* i krzew herbaciany *(Thea sinensis)*.




Ryc. 182. Rosiczka *(Drosera rotundifolia)*. — *A* Pokrój rośliny. — *B* Blaszka liścia w stanie normalnym. — *C* Blaszka liścia podrażniona z włoskami częściowo pochylonymi. — Według D a r w i n a

47. ZROSŁOPŁATKOWCE *(Camopetalae)*, jak to już było podane poprzednio, charakteryzują się stałym zróżnicowaniem okwiatu na kielich i zrostopłatkową koronę. Odznaczają się one poza tym pojedynczą osłonką na zalążkach, podczas gdy bezpłatkowe i wielopłatkowe mają ich przeważnie dwie oraz uproszczeniem w budowie kwiatów, które najczęściej mają wzór $K(_5)\ C(_5)\ A_5\ G(_2)$ albo rzadziej $K_4\ C(_4)\ A_4\ G(_2)$. Ilość pręcików jest mała, zredukowana nieraz z pięciu na cztery, dwa albo nawet jeden. Nitki pręcików są przyrośnięte do korony, co zdarza się rzadko u innych okrytonasiennych.

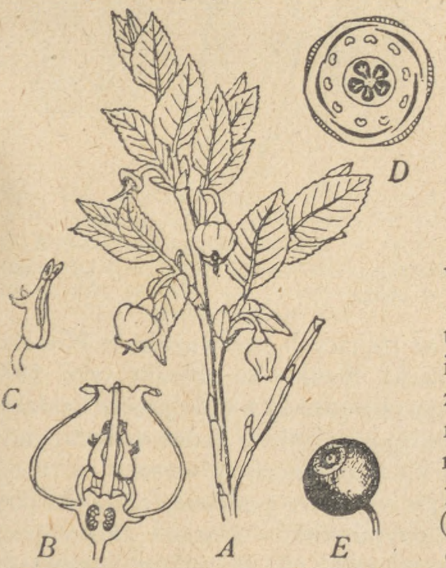
Form przejściowych między zrosłopłatkowymi i wolnopłatkowymi jest bardzo mało. Najbardziej zbliża się do wolnopłatkowych rodzina w r z o s o w a t y c h *(Ericaceae)*, która ma dwa okółki pręcików i pełny

okółek owocolistków. Pręciki nie są tu przyrośnięte do korony. Wśród wrzosowatych istnieją gatunki o prawie wolnych płatkach i barwnym kielichu, np. w r z o s *[Calluna vulgaris* (ryc. 183)]. Kwiaty jego są czterokrotne, z kielichem dłuższym od korony i górną zalążnią, która wytwarza torebkę. U b o r ó w e k, między innymi u b o r ó w k i c z e r n i c y *[Vaccinium Myrtillus* (ryc. 184)], kwiaty są pięciokrotne, zalążnia dolna, owocem — jagoda.

Przegląd typowych roślin zrostopłatkowych rozpoczniemy od oliwkowatych *(Oleaceae)*. Są to drzewiaste rośliny z kwiatami o budowie: $K_{(4)}$ $C_{(4)}$ $A_2$ $G_{(2)}$, jak to można widzieć na przykład u pachnącego bzu *(Syringa vulgaris)*. Do tej rodziny należy jedyne nasze drze-




Ryc. 183. Wrzos *(Calluna vulgaris)* — *A* Pęd. — *B* Kwiat. — *C* Przekrój podłużny kwiatu. — *D* Narys kwiatu. *E* Owoc. — Według B e n t h a m a

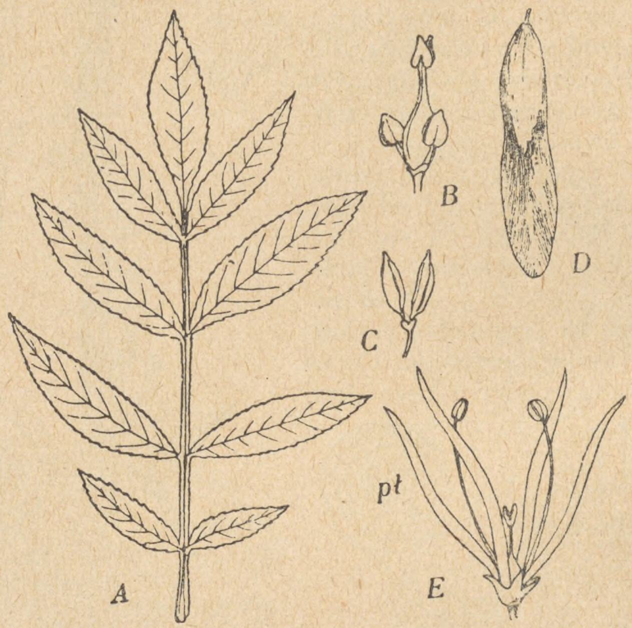



Ryc. 184. Borówka czernica *(Vaccinium Myrtillus)*. — *A* Pęd z kwiatami. *B* Kwiat w przekroju podłużnym. — *C* Pręcik. — *D* Narys kwiatu. — *E* Owoc. — Według B e n t h a m a

wo zrosłopłatkowe j e s i o n *[Fraxinus excelsior* (ryc. 185)]. Drzewo to ma nieparzysto-pierzaste liście i bardzo dziwne kwiaty. Są one pozbawione okwiatu, co jednak w tym rodzaju nie jest bynajmniej regułą, np. południowo-europejski gatunek jesion mannowy *[Fraxinus Ornus* (ryc. 185*E*)] ma okwiat typowy dla danej rodziny. Nasz jesion oprócz kwiatów zwykłych, obupłciowych, ma jeszcze osobne męskie. Owocem jest uskrzydlona niełupka. Nazwa rodziny pochodzi od o l i w k i *(Olea europaea)*, drzewa śródziemnomorskiego, którego pestkowce dostarczają cennego oleju (ryc. 186).

Dalej rozpatrzyć trzeba ciekawą rodzinę p i e r w i o s n k o w a t y c h *(Primulaceae)*, złożoną wyłącznie z roślin zielnych, często pięknie kwitnących (pierwiosnek — *Primula*, cyklamen — *Cyclamen*). Kwiaty są

zbudowane bardzo prawidłowo K(5) C(5) A(5) G(5). Charakterystyczną cechą tej rodziny jest rozmieszczenie pręcików naprzeciwko płatków, podczas gdy u innych zrosłopłatkowych są one ułożone na przemian w stosunku do płatków. Ciekawy jest typowy, a zarazem najliczniejszy

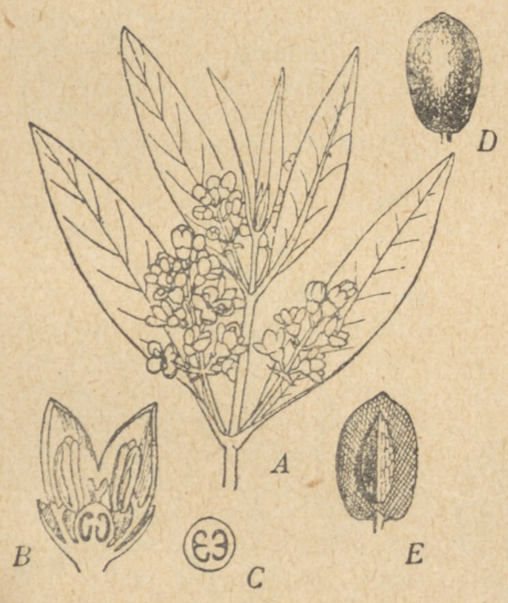



Ryc. 185. Jesion *(Fraxinus excelsior)*. — *A* Liść. — *B* Kwiat obupłciowy. — *C* Kwiat męski. — *D* Owoc ze skrzydełkiem. — *E* Inny gatunek jesionu *(F. Ornus)* kwiat obupłciowy; *pl* płatki

rodzaj *Primula*, liczący 210 gatunków rosnących przeważnie w Himalajach i przyległych zachodnich Chinach. Kwiaty są zebrane (ryc. 187) na szczycie bezlistnej łodygi wyrastającej z rozetki liści w prosty baldach.

Osobniki pierwiosnków są dwojakiego rodzaju. Jedne z nich mają kwiaty o krótkiej szyjce i o pręcikach osadzonych wysoko w rurce korony (ryc. 188). Inne, zewnętrznie do nich podobne, mają kwiaty z szyjką długą i z pręcikami osadzonymi nisko. Poziom zajęty przy tym przez znamię w kwiatach pierwszego rodzaju osobników odpowiada położeniu pręcików w kwiatach drugiego rodzaju i odwrotnie. Dzięki temu owady, przelatując z kwiatów jednego typu na kwiaty drugiego typu, dotykają tą samą częścią ciała pylników i znamion. W ten sposób znamiona jednego typu kwiatów otrzymują pyłek przeważnie z drugiego typu. Przyczyniają się do tego także różnice w wielkości ziaren pyłku i w urządzeniu znamion. Taki sposób zapylania przyczynia się do większej plenności, bo kwiaty zapylane pyłkiem z kwiatów podobnych dają mało nasion. Jest to ilustracja ogólnego prawidła, że zapylanie obcym pyłkiem jest bardziej korzystne niż samopylność.

Rozpatrzymy następnie rodzinę psiankowatych *(Solanaceae)*, liczącą około 1 700 gatunków, przeważnie amerykańskich. Większość z nich należy do typowego rodzaju psianka *(Solanum)*. Bardzo ważnym gatunkiem tego rodzaju jest ziemniak *(Solanum tuberosum)* pochodzący z Andów. Cenne są powszechnie znane bulwy tej rośliny zawierające dużo skrobi. O powstawaniu tych bulw była już mowa w ust. 42. Amerykańskiego też pochodzenia jest pomidor *(Solanum Lycopersicum)*, dostarczający cennych owoców, drugi głównie uprawiany gatunek psianki. Owoce wszystkich psianek są soczyste (jagody). Psiankowate charakteryzują się kwiatami o budowie $K_{(5)}$ $C_{(5)}$ $A_5$ $G_{(2)}$ z górną dwukomorową zalążnią, o licznych zalążkach, zebranych w jednopromieniste wierzchotki. Kwiatostany te w stanie starszym wyglądają jak grona, jeżeli jednak śledzić ich rozwój, to widać, że dolny (najbliższy łodygi) kwiat, zakwitający najpierw, jest szczytowym. Poniżej jego powstaje odgałęzienie, które także kończy się kwiatem. Pod tym drugim kwiatem tworzy się znowu odgałęzienie itd. Do psiankowatych należy z roślin uprawnych jeszcze tytoń *(Nicotiana tabacum)* pochodzący z Ameryki.



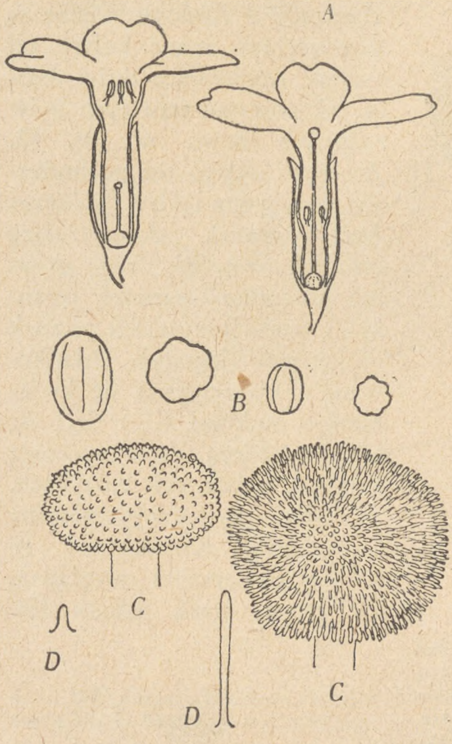
Ryc. 186. Oliwka *(Olea europaea)*. — *A* Pęd z kwiatami. — *B* Przekrój podłużny kwiatu. *C* Przekrój poprzeczny zalążni. — *D* Pestkowiec. — *E* Pestkowiec z odciętą z jednej strony miękką powłoką dla uwidocznienia pestki — Według Wossidlo


Ryc. 187. Pierwiosnek *(Primula farinosa)*. Baldach

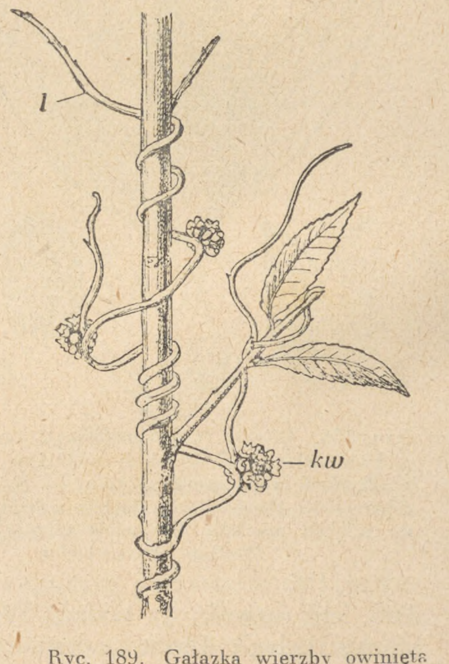
Zbliżona do psiankowatych rodzina powojowatych *(Convolvulaceae)* różni się od nich mniejszą ilością zalążków, których jest u niej po dwa w każdej komorze. Są to przeważnie tropikalne, wijące się rośliny. Poważne znaczenie ma kanianka [*Cuscuta* (ryc. 189)] stanowiąca osobliwą formę roślinną. Jest to bezlistny, bezzieleniowy pasożyt, żywiący się ko-

sztem różnych roślin nasiennych, naokoło których się owija wpuszczając ssawki. Powoduje on nieraz duże straty, np. na polach koniczyny. Roślin pasożytniczych wśród nasiennych jest mało.

Dalej omówimy dwie rodziny o kwiatach grzbiecistych (dotychczas omówione miały kwiaty promieniste). Stwierdzimy u nich mniejszą ilość pręcików. Są to rodziny t r ę d o w n i k o w a t y c h *(Scrophulariaceae)* i w a r g o w y c h *(Labiatae)*.




Ryc. 188. Pierwiosnek *(Primula elatior)*. Dwupostaciowość kwiatów: figury prawej strony odnoszą się do kwiatów o długiej szyjce, figury lewej — do kwiatów o krótkiej szyjce. — *A* Przekroje podłużne kwiatów. — *B* Ziarenka pyłku w widoku i w poprzecznym przekroju. — *C* Znamiona. — *D* Włosowate wyrostki na znamionach. — Według E r r e r y

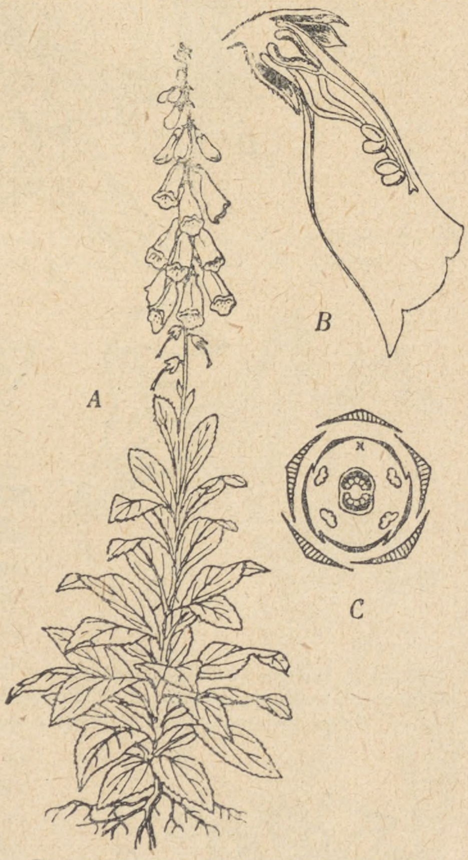



Ryc. 189. Gałązka wierzby owinięta pędem kanianki *(Cuscuta europaea)*, *l* łuskowate silnie zredukowane liście kanianki, *kw* jej kwiaty. — Według N o l l a

Przedstawicielką pierwszej z tych rodzin jest ważna roślina lekarska, n a p a r s t n i c a *[Digitalis purpurea* (ryc. 190)], używana przy chorobach serca. Pręcików ma ona cztery — jeden z pręcików okółka nie wykształca się. Dwukomorowa zalążnia zawiera liczne zalążki. Owocem jest torebka. Kwiatostan jest prawdziwym gronem, a nie pozornym jak u szorstkolistnych.

Duża rodzina wargowych (3 tysiące gatunków) ma, jak to wskazuje jej nazwa, koronę szczególnej formy: podzieloną na dwie wargi (ryc. 191). Tego rodzaju korony spotykamy jednak również u trędownikowatych.

Ważniejszą cechą jest wykształcenie zalążni. Jest ona utworzona przez dwa owocolistki i początkowo jest dwukomorowa. W czasie rozwoju kwiatu wrastają w jej komory przegrody, dzieląc ją ostatecznie na cztery komory. W każdej z nich wytwarza się po jednym zalążku. Suchy owoc ma formę czterech niełupek. Pręcików jest przeważnie cztery, czasem zaś, np. u szałwii, tylko dwa. Wargowe są to zioła albo niewielkie krzewy o naprzeciwległych liściach i czworokątnej łodydze, wytwarzające zwykle pachnące olejki, jak tymianek *(Thymus Serpyllum)*, lawenda *(Lavandula spica)*, rozmaryn *(Rosmarinus officinalis)* itd.




Ryc. 190. Naparstnica *(Digitalis purpurea)* — *A* Pokrój rośliny. — *B* Przekrój podłużny kwiatu. — *C* Narys jego. — Według Wettsteina

Rodzina szorstkolistnych ma zalążnie, a zatem i owoc, podobnie ukształtowane jak u wargowych. Należą do niej, między innymi, piękna niezapominajka *(Myosotis)* i leczniczy żywokost *(Symphytum)*. Odznacza się ona promienistymi kwiatami i osobliwym kwiatostanem — skrętką (ryc. 192). Skrętka jest jednopromienistą wierzchołką, odmienną jednak od tego rodzaju kwiatostanów u psiankowatych. U tych ostatnich odgałęzienia skierowują się w różne strony i kwiatostan staje się w końcu podobny do grona. Tu odgałęzienia skierowują się ciągle w tę samą stronę (ryc. 193) i przeto kwiatostan jest wykręcony w bok.

Przechodzimy teraz do rodzin, które charakteryzuje dolna zalążnia. Najważniejsze z nich są dyniowate *(Cucurbitaceae)* i złożone *(Compositae)*.

Przeważnie tropikalne dyniowate odznaczają się rozdzielnopłciowością kwiatów, cechą rzadką wśród wolno- i zrostopłatkowych. Pręciki są znakomicie zrośnięte nitkami — nie zawsze wszystkie razem, często łączą się w dwie grupy po dwa pozostawiając piąty pręcik wolny. Są to przeważnie rośliny pnące się. Charakterystyczne są ich duże soczyste owoce, jadalne u wielu gatunków, np. u dyni *(Cucurbita pepo)*, ogórka *(Cucumis sativus)*, melona *(Cucumis melo)* i innych.

Rodzina złożonych jest drugą po storczykach pod względem ilości gatunków, których liczy około 14 tysięcy. W przeciwieństwie do stor-



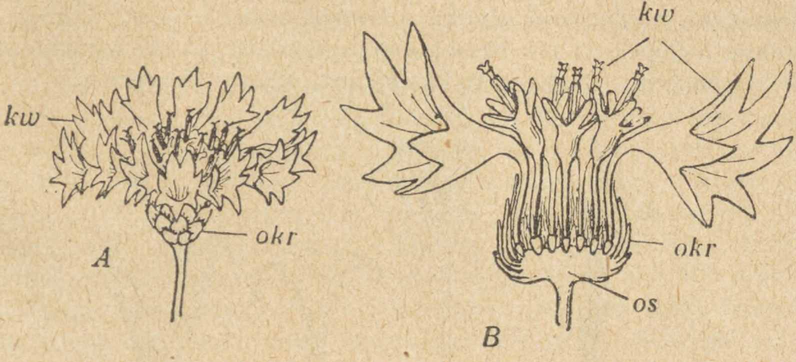

Ryc. 191. Jasnota (*Lamium album*). — *A* Szczyt kwitnącego pędu. — *B* Kwiat. — *C* Przekrój podłużny kwiatu. — *D* Pręciki i szyjka widziane z przodu. — *E* Słupek. — *F* Narys kwiatu; gwiazdka oznacza zanikły pręcik. — Według Wossidlo



Ryc. 192. Skrętka (*Symphytum asperrimum*). Szczyt pędu z dwiema skrętkami. — Według Gürkego




Ryc. 193. Schemat skretki; liczby oznaczają kolejność rozwijania się kwiatów




Ryc. 194. Koszyk bławatka (*Centaurea Cyanus*) w widoku (*A*) i w przekroju (*B*); *kw* kwiaty (zewnętrzne z większą koroną), *os* osadnik, *okr* okrywa

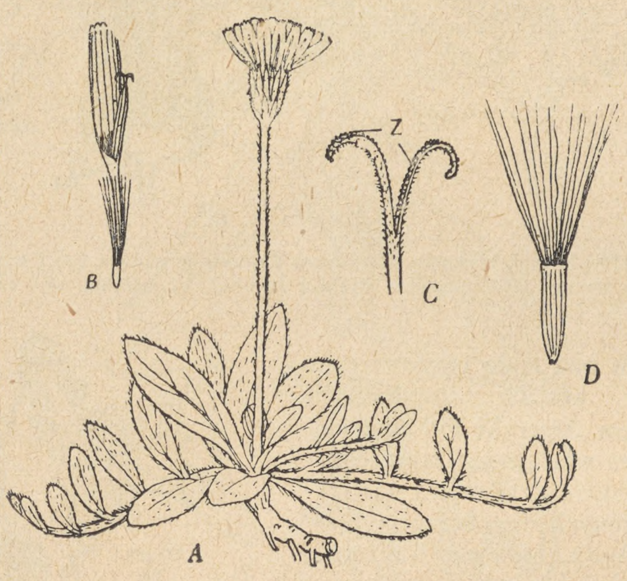
czyków jest ona mało rozpowszechniona w krajach tropikalnych z wyjątkiem Ameryki Południowej. W Ameryce właśnie jest reprezentowana najobficiej, zwłaszcza na terenach położonych nad oceanem Spokojnym (Andy, Meksyk, Kalifornia i stany sąsiednie).

Złożone charakteryzują się drobnymi kwiatami, zebranymi w gęste kwiatostany, robiące wrażenie jakichś dużych, złożonych kwiatów, skąd też pochodzi ich nazwa. W kwiatostanach tych kwiaty są osadzone bez szypułek na rozszerzonym zakończeniu łodygi, tzw. o s a d n i k u. Z brzegów osadnika wyrastają liczne, przeważnie łuskowate liście, stanowiące o k r y w ę koszyka. Kwiaty nie mają kielicha. Zamiast niego wyrastają długie włoski stanowiące puch, który utrzymuje się przy owocach. Pręciki są zrośnięte pylnikami. Zalążnia jest




Ryc. 195. Starzec jakubek (*Senecio Jakobaea*). — *A* Pokrój. — *B* Kwiat rurkowy. — *C* Kwiat rurkowy w podłużnym przekroju. — *D* Kwiat języczkowy. — *E* Owoc. Według S c h l e c h t e n d a h l a.

jednokomorowa o pojedynczym zalążku. Szyjka, na końcu dwudzielna, wskazuje na pochodzenie słupka z dwóch owocolistków. Owoce mają charakter niełupek, są one roznoszone przez wiatr, dzięki wspomnianemu powyżej puchowi. Nasiona są bez bielma, oleiste (słonecznik!).




Ryc. 196. Jastrzębiec (*Hieracium pilosella*) — *A* Pokrój. — *B* Kwiat. — *C* Górna część szyjki. — *D* Owoc. — Według Bonniera

Złożone dzielą się na dwie podrodziny: rurkowe *(Tubuliflorae)* i języczkowe *(Liguliflorae)*. W pierwszej z tych grup korona wszystkich, jak u bławatka (ryc. 194) albo przynajmniej środkowych, jak u starców (ryc. 195), kwiatów koszyka ma formę rurki, lejkowato rozszerzonej ku górze. Na obwodzie mogą być kwiaty języczkowe, z koroną rurkowatą tylko w dolnej części, z górną zaś częścią w formie odchylonego w bok języczka, z trzema ząbkami na końcu. Te kwiąty języczkowe nie mają pręcików. Do rurkowych należy większość gatunków złożonych, np. bławatek *(Centaurea Cyanus)*, osty *(Cirsium)*, astry *(Aster)*, stokrotka *(Bellis perennis)*, starce *(Senecio)* i inne. W ogrodach uprawiane są amerykańskie gatunki: słonecznik *(Helianthus annuus)*, bulwy albo topinambur *(H. tuberosus)*, georginie *(Dhalia)*.

U mniej licznych języczkowych (ryc. 196) wszystkie kwiaty w koszyku są języczkowe, są one przy tym obupłciowe, z pięcioma ząbkami na końcu języczków. Ilość ząbków oznacza ilość płatków. W języczkowych kwiatach rurkokwiatowych języczki mają tylko trzy ząbki z powodu zaniku dwóch płatków. Języczkowe odznaczają się nadto siatkowymi naczyniami mlecznymi. Do nich należą między innymi rodzaje: sałata

*(Lactuca)*, m n i s z e k *(Taraxacum)*, j a s t r z ę b i e c *(Hieracium)*. Ten ostatni rodzaj jest sławny przez swoją nadzwyczajną zmienność, największą w świecie roślinnym.

Poza tym spomiędzy zrosłopłatkowych warto jest wspomnieć o niektórych ważnych roślinach tropikalnych: o d r z e w i e k a w o w y m *(Coffea arabica)*, pochodzącym z Abisynii lub może z Arabii, o amerykańskich, ściślej mówiąc andyjskich, d r z e w a c h c h i n o w y c h *(Cinchona)* i o amerykańskim również drzewie kakaowym *(Theobroma Cacao)*. Drzewa chinowe i kawowe należą do wielkiej tropikalnej rodziny m a r z a n n o w a t y c h *(Rubiaceae)* liczącej 4 500 gatunków, przeważnie tropikalnych drzew i krzewów. Jest ona także reprezentowana u nas przez nikłe zioła, głównie p r z y t u l j e *(Galium)*.

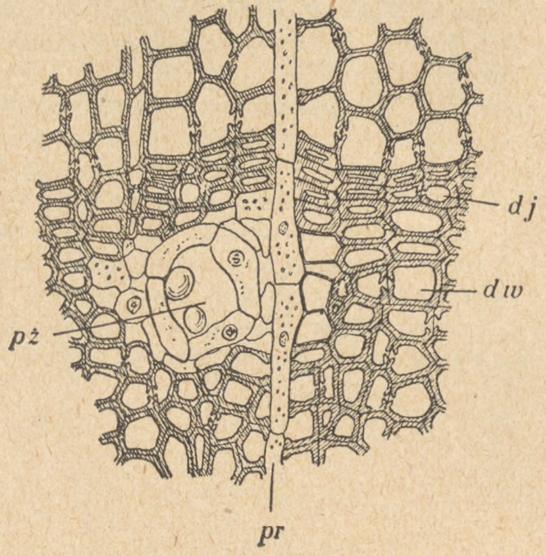
ROZDZIAŁ IV

# NAGONASIENNE

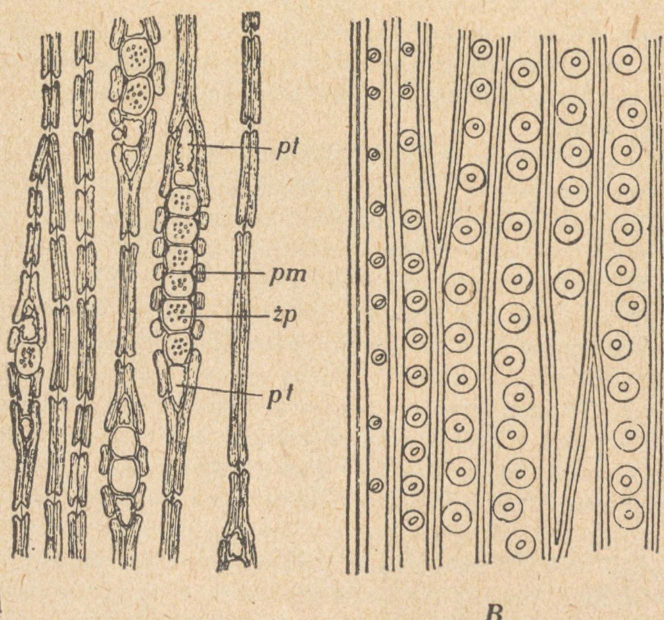
48. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA. Jak to już było podane poprzednio, główną cechą nagozalążkowych jest takie rozmieszczenie zalążków, że pyłek kwiatowy trafia na nie bezpośrednio. Są to drzewa albo krzewy z rozdzielnopłciowymi kwiatami bez okwiatu, zapylanymi działaniem wiatru.

Budowa anatomiczna łodygi i korzenia zbliżona jest do drzew dwuliściennych. Drewno i łyko mają jednak budowę prostszą, bardziej jednolitą. Można to widzieć np. u sosny na zwykłych trzech przekrojach (ryc. 197—199). Drewno poza promieniami rdzeniowymi składa się tylko z cewek, miękiszu drzewnego i przewodów żywicowych. Naczyń właściwych i włókien nie ma. Cewki, szersze w drewnie wiosennym, węższe w jesiennym, mają jamki tylko na promieniowych ściankach. Miękiszu drzewnego jest bardzo mało — mieści się on jedynie przy przewodach żywicznych. Promienie rdzeniowe są wszystkie wąskie, jednoszeregowe. Przekroje styczny i promienisty wykazują, że w górnej i dolnej części promieni komórki są pozbawione żywej zawartości, a opatrzone zazębionymi błonami i gdzieniegdzie lejkowatymi jamkami. Są to c e w k i p o p r z e c z n e prowadzące wodę z drewna do kory (ryc. 200). U innych nagonasiennych znajdujemy podobną budowę drewna z pewnymi tylko odmianami, np. u jodły i cisa nie ma przewodów żywicznych, u jodły jest nieco więcej miękiszu, u cisa cewki mają spiralne zgrubienia itp.

Łyko jest także prostszej budowy (ryc. 200) niż u okrytonasiennych. Składa się ono z rurek sitowych bez komórek towarzyszących, z miękiszu sitowego i komórek wydzielniczych.

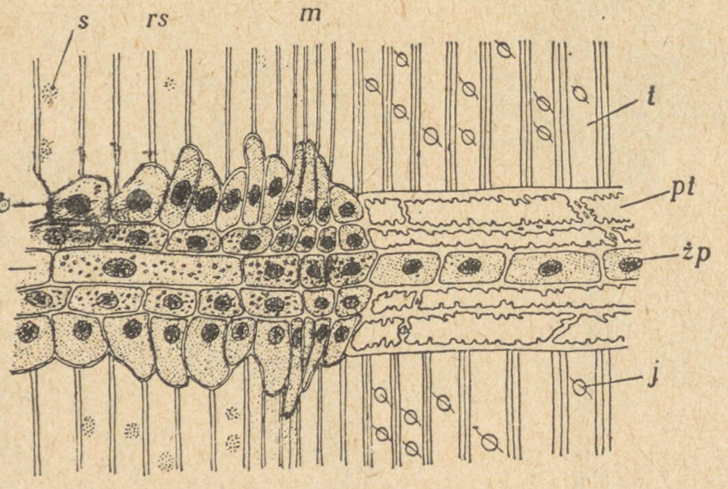



Ryc. 197. Sosna *(Pinus silvestris)*. Przekrój poprzeczny przez drewno na granicy dwóch slojów rocznych; *pr* promienie rdzeniowe, *dw* drewno wiosenne, *dj* drewno letnie, *pż* przewód żywiczny. — Według Schencka



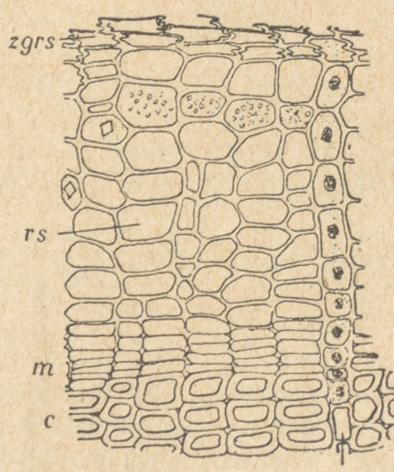

Ryc. 198. Sosna. — *A* Przekrój styczny przez drewno; *pt* poprzeczne tracheidy promieni rdzeniowch, *żp* żywe komórki promienia rdzeniowego, *pm* przestwór międzykomórkowy przy promieniu rdzeniowym. — *B* Przekrój promieniowy, poprowadzony między promieniami rdzeniowymi. — Według Schencka

Liście nagonasiennych mają kształt bardzo różny: od pierzastych liści tropikalnych sagowców *(Cycadinae)*, przypominających swoim wyglądem palmy (ryc. 201), do prostych wąskich liści drzew szpilkowych *(Coniferae)*. Z wyjątkiem liści modrzewia nie opadają one na zimę nawet w naj-




Ryc. 199. Promieniowy przekrój przez pień na granicy między łykiem a drewnem; *t* tracheidy, *m* miazga, *rs* rurki sitowe, *j* jamki, *s* sita, *pt* poprzeczne tracheidy promienia rdzeniowego, *żp* żywe komórki promienia rdzeniowego wypełnione białkiem, *ks* komórki promienia ze skrobią. — Według Schencka

bardziej surowym klimacie. Budowa ich jest różna, nieraz bardziej złożona niż u dwuliściennych. Zobaczymy to u drzew szpilkowych w następnym ustępie.




Ryc. 200. Przekrój poprzeczny łyka sosny z miazgą i przyległą częścią drewna; *rs* rurki sitowe, *zgrs* zgniecione rurki sitowe, *m* miazga, *pr* promień rdzeniowy, *c* cewki. — Według Schencka

Co się tyczy rozmnażania, to do ogólnego opisu, podanego w ust. 24, trzeba dodać, że u niektórych nagonasiennych, m. in. u sagowców, plemniki są opatrzone rzęskami.

Nagonasienne zjawiły się w historii ziemi o wiele wcześniej niż okrytonasienne, bo w górnym dewonie razem z ulistnionymi paprotnikami. Te pierwsze rośliny nasienne były zupełnie inne niż obecne i wygasły przed końcem ery paleozoicznej. Najciekawsze z nich były paprocie nasienne (ryc. 202) z liśćmi podobnymi do paproci. Szczególnie ciekawe jest to, że rośli-

ny te nie miały kwiatów, nasiona ich tworzyły się na końcach zwykłych liści.



Ryc. 201. Sagowiec z rodzaju *Cycas*



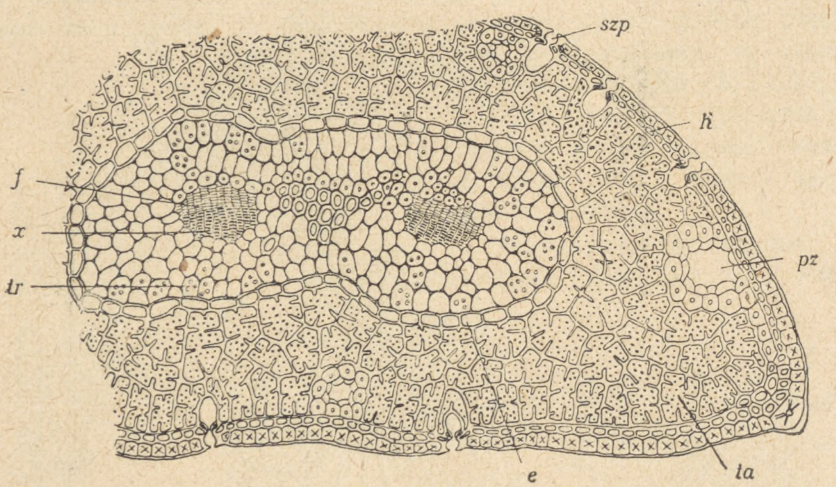

Ryc. 202. Paproć nasienna (*Neuropteris heterophylla*). — *A* Pokrój rośliny według rekonstrukcji Scotta. Nasiona zaznaczone czarną barwą. — *B* Gałązka z nasionami w naturalnej wielkości

W obecnej epoce geologicznej największą rolę odgrywają drzewa szpilkowe, występujące w chłodniejszych krajach, rosnące masowo na północnej półkuli. Zjawiły się one pod koniec ery paleozoicznej. Dokładniejszy opis tych roślin będzie podany w następnym ustępie.

POKAZY. Budowę drewna sosny lub świerka można zaobserwować po rozmiękczeniu w mieszaninie gliceryny i alkoholu — budowę zaś liści najlepiej na szpilkach sosny.

49. DRZEWA SZPILKOWE mają charakterystyczne wąskie liście, od których pochodzi ich nazwa. Posiadają one złożoną budowę anatomiczną, którą rozpatrzymy na przykładzie naszej sosny (ryc. 203). W środku liścia znajduje się walec osiowy, oddzielony wyraźnie od otaczającej go korowej tkanki asymilacyjnej osobliwą warstwą komórek, grającą rolę śródskórni, pozbawioną jednak zgrubień. W walcu osiowym widzi się dwie wiązki sitowo-naczyniowe otoczone miękiszem, wśród którego mieszczą się osobliwe komórki bez żywej zawartości, opatrzone lejkowatymi jam-

kami jak naczynia. Komórki te tworzą tzw. tkankę transfuzyjną, która doprowadza wodę do tkanki asymilacyjnej. Ta ostatnia jest wykształcona w sposób niezwykły — nie jest to ani tkanka palisadowa,

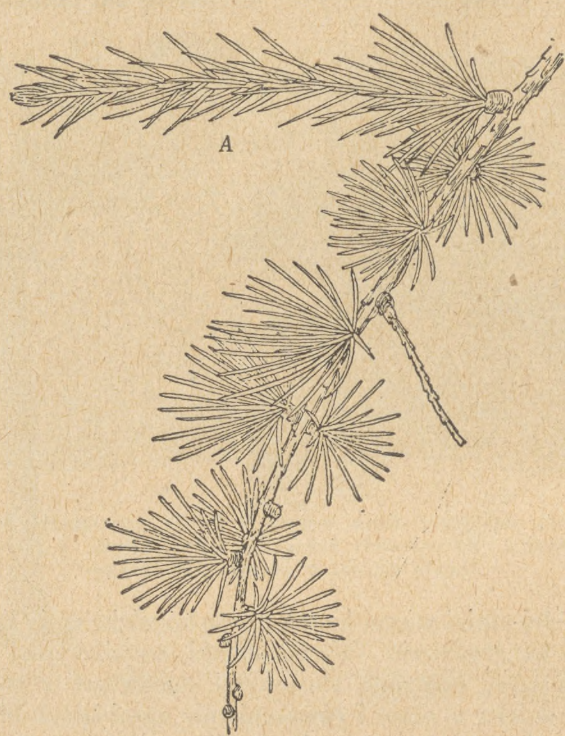



Ryc. 203. Przekrój poprzeczny liścia sosny; *sk* skórka, *szp* szparki, *h* sklerenchyma, *ta* tkanka asymilacyjna, *pż* przewody żywiczne, *e* śródskórnia, *x* tkanka naczyniowa, *f* tkanka sitowa, *tr* tkanka transfuzyjna

ani gąbczasta. Jej mniej więcej kwadratowe komórki mają listwy odchodzące od błon ku środkowi. Wśród tkanki asymilacyjnej mieszczą się przewody żywiczne, otoczone chronnymi pochwami z włókien (zob. ryc. 93). Pod skórką o silnie i równomiernie zgrubiałych błonach, z zagłębionymi szparkami, wytwarza się tkanka mechaniczna. Stąd liście są sztywne. U innych drzew szpilkowych spotyka się nieraz budowę odmienną, zawsze jednak mamy tu walec osiowy, a czasem nawet kilka przebiegających równolegle. Nieraz kształtuje się tkanka palisadowa.

Pędy niektórych drzew szpilkowych są dwojakiego rodzaju, długie i skrócone. Najwyraźniej występuje to u modrzewia [*Larix* (ryc. 204)]. Na pędach długich liście są rozproszone, na skróconych — skupione na końcu. Drzewo to, jak już było podane w poprzednim ustępie, zrzuca na zimę liście. Na wiosnę odrastają one na pędach skróconych, przy czym pędy te wydłużają się nieco. Od czasu do czasu taki pęd skrócony rozrasta się i przemienia w pęd długi. Pędy skrócone posiada także nasza sosna, ale u niej są one wykształcone inaczej (ryc. 205). Każdy z nich ma tylko dwa liście i nie robi wrażenia osobnego pędu. Przy dokładniejszym jednak zbadaniu widzi się u podstawy tych par szpilek łuskowate liście, obejmujące ich podstawę, a pomiędzy nimi — brodawkę stanowiącą resztkę zanikłego wierzchołka wzrostu. Te skrócone pędy wyrastają z pachwin łuskowatych liści, którymi są pokryte pędy zwykłe. Na pędach długich sosny innych liści nie ma, widzi się je tylko na młodych okazach (ryc. 206).

Korzenie drzew szpilkowych tworzą zwykle mykorhizę (ryc. 207). Nasiona są bielmowe, z licznymi liścieniami (ryc. 208).




Ryc. 204. Modrzew europejski *(Larix polonica)*. Gałąź z pędami skróconymi, z których górny *(A)* przemienił się w pęd długi. — Według Willkomma

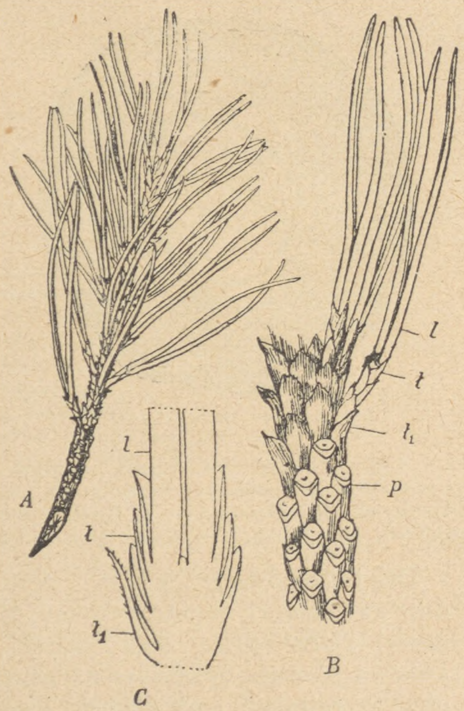
Najbardziej różnorodne drzewa szpilkowe rosną w Chinach i Ameryce Północnej. W naszej florze występują one w ogromnych ilościach osobników, należących jednak do niewielu gatunków. Gatunki te zalicza się do trzech rodzin: jodłowatych *(Abietaceae)*, cyprysowatych *(Cupressaceae)* i cisowatych *(Taxaceae)*.

Rodzina jodłowatych ma liście naprzemianległe na pędach długich. Charakteryzuje się ona także tym, że owocolistki są dwudzielne: składają się one z zewnętrznej łuski wspierającej i wewnętrznej łuski nasiennej, na której osadzone są zalążki, zawsze w ilości dwóch (ryc. 214). Owocolistki po przekwitnieniu rozrastają się i przemieniają w twarde łuski. W ten sposób z kwiatów żeńskich tworzą się charakterystyczne szyszki. Pomiędzy łuskami pozostają ukryte nasiona, które po dojrzeniu wypadają skutkiem rozsuwania się łusek. Są one opatrzone oderwaną od łuski owocowej blaszką w formie charakterystycznego skrzydełka, co ułatwia ich rozsiewanie przez wiatry.

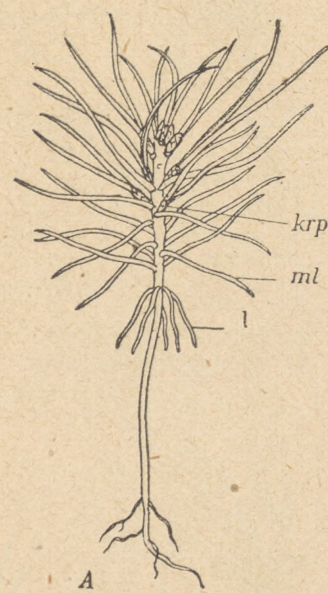
Kwiaty męskie, złożone z licznych płaskich pręcików, mają wygląd przypominający szyszki (ryc. 208a).

Należy tu przede wszystkim rodzaj: s o s n a *(Pinus)*, mająca u nas trzech przedstawicieli. Rodzaj ten, jak już wiemy, charakteryzuje się łuskowatymi liśćmi na wyrośniętych (nie młodych!) pędach długich i skróconymi pędami o niewielkiej ilości szpilek (2, 3 albo 5). Łuska wspierająca widoczna jest tylko w kwiatach, potem zanika zupełnie. Łuski szyszek są na końcu zgrubiałe.

Najważniejszym naszym gatunkiem jest s o s n a z w y-



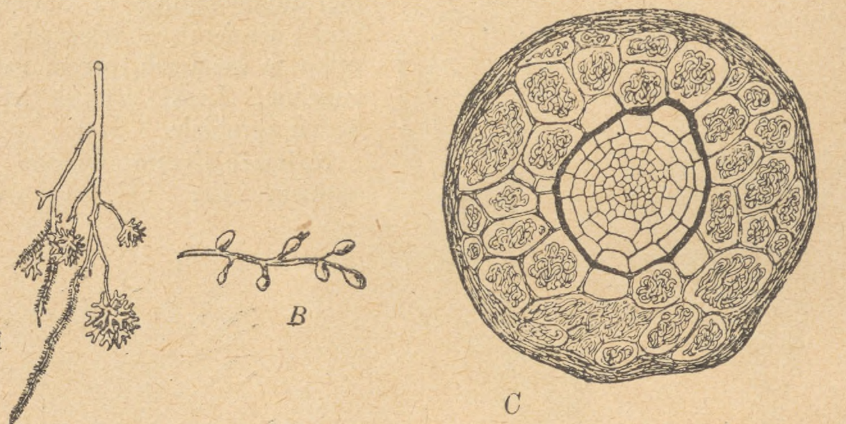

Ryc. 205. Sosna *(Pinus silvestris)*. — *A* Długi pęd ze skróconymi dwuliściowymi pędami. — *B* Część długiego pędu; *l* szpilkowate liście skróconego pędu, *ł* łuskowate liście tegoż pędu, *ł*$_1$ łuskowaty liść długiego pędu, z którego pachwiny wyrasta pęd skrócony, *P* poduszeczka po opadłym skróconym pędzie. — *C* Przekrój podłużny skróconego pędu wraz ze wspierającym łuskowatym liściem; te same oznaczenia co w *B*. Według S t r a s b u r g e r a




Ryc. 206. Młoda sosenka z młodocianymi liśćmi *(ml)* i skróconymi pędami o dwóch liściach *(krp)*; *l* obumierające liścienie. — Według B o n n i e r a

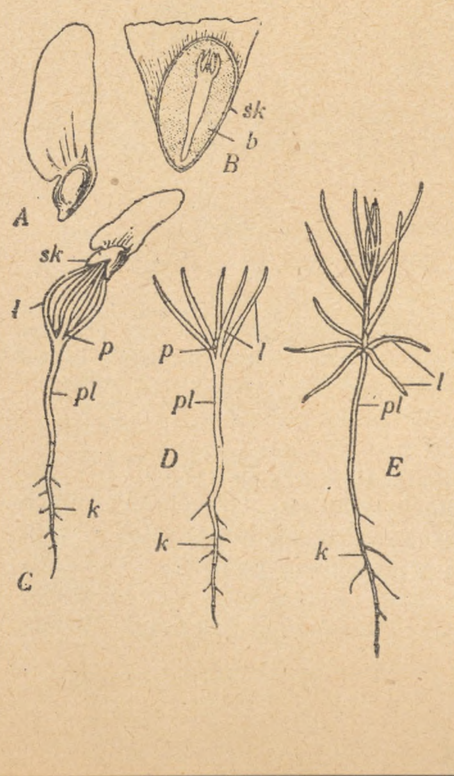
c z a j n a, wysokie drzewo [*Pinus silvestris* (ryc. 69, 205, 208a i b)], pospolite na niżu, a rosnące w Karpatach tylko w paru ograniczonych okręgach. Jej pędy skrócone są dwulistne. Zgrubiałe końce łusek w szyszkach mają kształt rombów, z lekką wyniosłością pośrodku. — Zbliżona do zwykłej s o s n a g ó r s k a albo k o s ó w k a *(P. montana)* różni się głównie krótkim pniem i długimi poziomymi gałęziami. Rośnie

wysoko w górach ponad granicą lasów (w Tatrach, w Karpatach między 1 600 a 1 900 metrów nad poziomem morza). Trzeci wreszcie nasz gatunek, l i m b a [*P. Cembra* (ryc. 209)], rośnie gdzieniegdzie w naszych górach między 1 200—1 500 metrów. Różni się ona silnie od obu poprzednich gatunków przez swoje 5-listne skrócone pędy i przez słabe zgrubienie końców łusek w szyszkach.

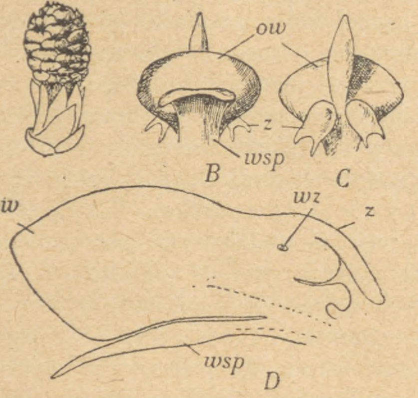



Ryc. 207. Korzenie limby (*Pinus Cembra*) — *A* Długi korzeń z włośnikami na młodszych częściach z kilkoma mykorhizami o rozgałęzieniu pseudo- dichotomicznym. — *B* Wydłużona forma mykorhizy z krótkimi bocznymi odgałęzieniami. — *C* Przekrój poprzeczny mykorhizy ze strzępkami na powierzchni i we wnętrzu. — Według T u b e u f a

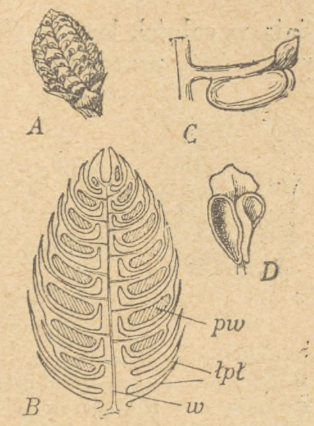
Dalej omówimy rodzaj m o d r z e w *(Larix)*, reprezentowany w naszej florze przez dwa gatunki. Drzewa te mają opadające na zimę liście wyrastające i na długich, i na skróconych pędach. Łuska wspierająca nie zanika, tak jak u sosen, ale jest słabo rozwinięta. Z naszych dwóch gatunków jeden, m o d r z e w p o l s k i *(Larix polonica)*, rośnie tylko w Polsce i Sudetach. Drugi gatunek, m o d r z e w e u r o p e j s k i *(L. europaea)*, rośnie głównie w Al-




Ryc. 208. Kiełkowanie nasion sosny. — *A* Nasienie ze skrzydełkiem. — *B* Nasienie w przekroju podłużnym. — *C* Początek kiełkowania. — *D* Młoda roślinka dopiero co uwolniona od łupiny nasiennej. — *E* Nieco starsza roślinka. — Oznaczenia: *sk* łupina nasienna, *b* prabielmo, *p* pączek (stożek wzrostowy pędu), *l* liścienie, *pl* podliścieniowa część łodygi, *k* korzeń — Według B o n n i e r a



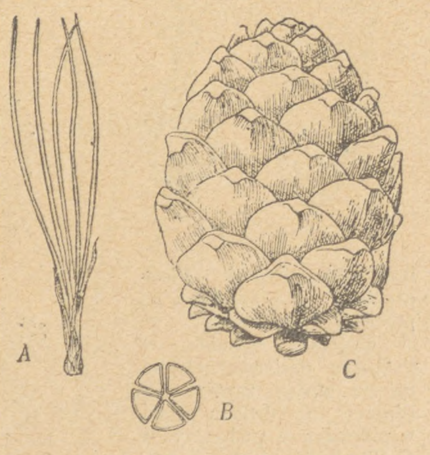

Ryc. 208 a. Sosna. — *A* Kwiat żeński. — *B* Owocolistek widziany od strony zewnętrznej (dolnej). — *C* To samo od strony wewnętrznej (górnej). — *D* Podłużny przekrój owocolistka. — Oznaczenia: *wsp* łuska wspierająca, *ow* łuska nasienna, *z* zalążki z charakterystycznymi wyrostkami przy okienku, *wz* woreczek zalążkowy. — Według Strasburgera




Ryc. 208 b. Sosna. — *A* Kwiat męski. — *B* Jego przekrój podłużny; *wp* woreczki pyłkowe, *w* wiązki sitowo-naczyniowe, *łpł* łuski plonne. — *C* Pręcik widziany z boku. — *D* Pręcik widziany od spodu; widoczne są dwa pęknięte woreczki pyłkowe. — Według Strasburgera

pach, a u nas tylko w Tatrach. Gatunki te różnią się szyszkami, które u modrzewia polskiego są mniejsze i złożone z mniejszej ilości grubych łusek (ryc. 210). Jest także różnica w pokroju: modrzew polski ma koronę zaokrągloną, europejski stożkowatą, ostro zakończoną.

Z kolei przechodzimy do jedynego u nas gatunku świerka *[Picea excelsa* (ryc. 211)]. Drzewo to, tak samo jak wszystkie następne, nie ma skróconych pędów. Szpilki mają przekrój rombowy. Szyszki są długie, opadające tak samo, jak u poprzednio opisanych drzew szpilkowych, w całości. Łuska wspierająca jest drobna. Świerk jest właściwy chłodnym terenom — rośnie przeto w wyższych położeniach górskich, gdzie znaczy górną granicę lasów oraz na północy.



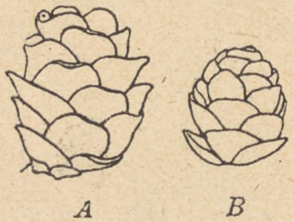

Ryc. 209. Limba *(Pinus Cembra)*. — *A* Skrócony pęd z 5 szpilkami. — *B* Przekrój poprzeczny szpilek należących do jednego skróconego pędu. — *C* Szyszka

Jedyna nasza jodła *(Abies alba)* ma spłaszczone szpilki z dwoma białawymi pasmami na dolnej stronie. Szyszki sterczą do góry i nie opa-

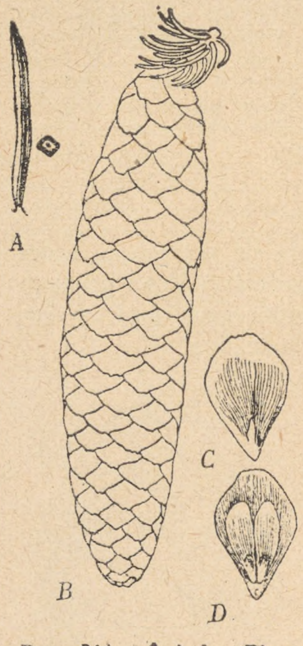
dają w całości, lecz po dojrzeniu nasion rozsypują się. Widoczne to jest z ryc. 212, przedstawiającej bliski naszej jodle, kaukaski gatunek *Abies Nordmanniana*. Łuska wspierająca jest wąska, dłuższa od owocowej, dobrze widoczna. Jodła lubi ciepły wilgotny klimat i dlatego rośnie na podgórskich terenach.

Przechodzimy teraz do rodziny cyprysowatych *(Cupressaceae)*. Charakteryzuje się ona niepodzielnymi owocolistkami i liśćmi ustawionymi w okółki. Z roślin krajowych należy do niej jałowiec *[Juniperus communis* (ryc. 213)]. Jest to, w przeciwieństwie do poprzednio opisanych drzew szpilkowych, roślina dwupienna pokroju krzewiastego. Jej szyszki mają postać jagód. Są one złożone z trzech soczystych owocolistków zrośniętych ze sobą.

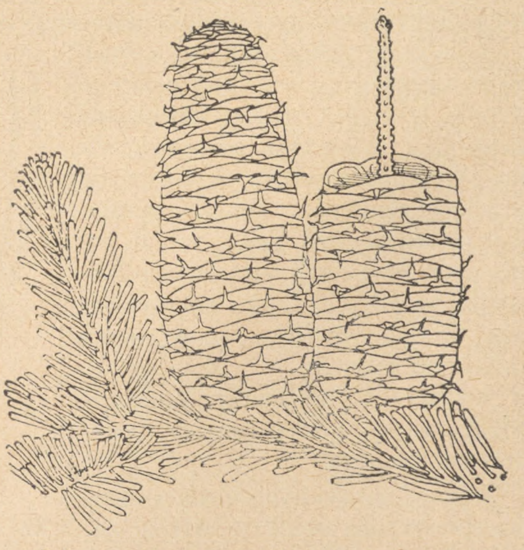
Wreszcie rodzina cisowatych *(Taxaceae)* charakteryzuje się brakiem przewodów żywicznych i szyszek. Kwiaty żeńskie są zredukowane do pojedynczego zalążka, otulonego u podstawy okrywą z łuskowatych liści. Przy dojrzeniu nasienia wyrasta u jego podstawy mięsista czerwona powłoka, tzw. osnówka, otaczająca go z boków.




Ryc. 210 Szyszki modrzewi. — *A* Modrzew europejski *(Larix europaea)*. — *B* Modrzew polski *(L. polonica)*. — Według Szafera



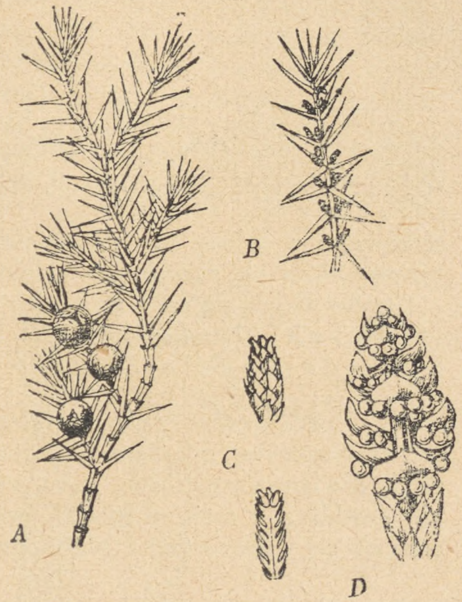

Ryc. 211. Świerk *(Picea excelsa)*. — *A* Szpilka i jej przekrój poprzeczny. — *B* Dojrzała szyszka. — *C* Łuska nasienna widziana od strony zewnętrznej (dolnej) z drobną łuską wspierającą u podstawy. — *D* To samo od strony wewnętrznej (górnej) z obu nasionami i ich skrzydełkami. — Według Willkomma



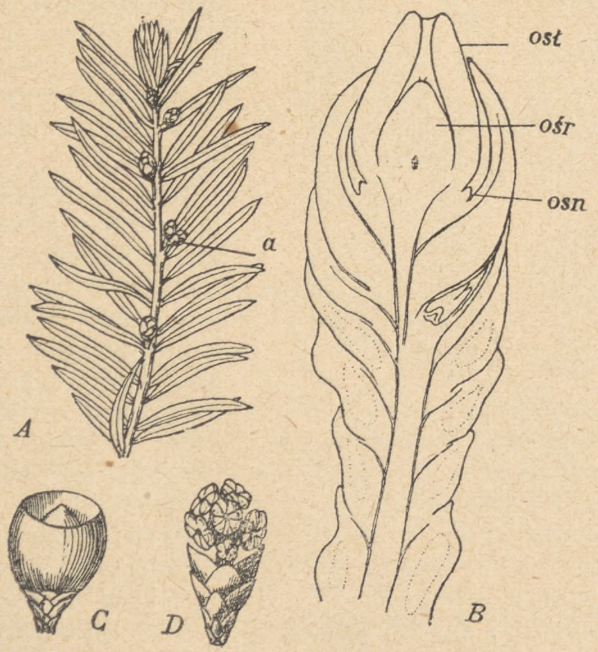
Ryc. 212. Jodła kaukaska *(Abies Nordmanniana)*. Gałązka z dwiema szyszkami, z których jedna zaczęła się rozsypywać. — Wg Gardeners Chronicle 1886

Jest to dodatkowa osłonka zalążka. Dojrzałe nasiona mają przeto wygląd jagód. Nasz cis [*Taxus baccata* (ryc. 214)] jest małym dwupiennym drzewem, przeważnie wyniszczonym dla swojego bardzo twardego i trwałego drewna. Występuje tylko w zachodniej części kraju.

Z obcokrajowych drzew szpilkowych warto wspomnieć o często u nas sadzonych żywotnik *(Thuja)* z łuskowatymi liśćmi i zwłaszcza o olbrzymiej kalifornijskiej sekwoi *(Sequoia gigantea)*, dorastającej 90 m wysokości. Ostatnio sekwoję znaleziono w górach centralnych Chin.




Ryc. 213. Jałowiec *(Juniperus communis)*. — *A* Gałązka z niby-jagodami. — *B* Gałązka z kwiatami męskimi. — *C* Kwiat żeński i jego przekrój podłużny. — *D* Kwiat męski. — Według Strasburgera




Ryc. 214. Cis *(Taxus baccata)* — *A* Pęd z żeńskimi kwiatami na krótkich gałązkach w pachwinach liści; *a* gałązka z dwoma kwiatami. — *B* Przekrój podłużny gałązki z żeńskim kwiatem, *ośr* ośrodek zalążka, *osł* osłonka, *osn* zaczątek osnówki. — *C* Dojrzałe nasienie z wykształconą osnówką. — *D* Kwiat męski. — Według Strasburgera

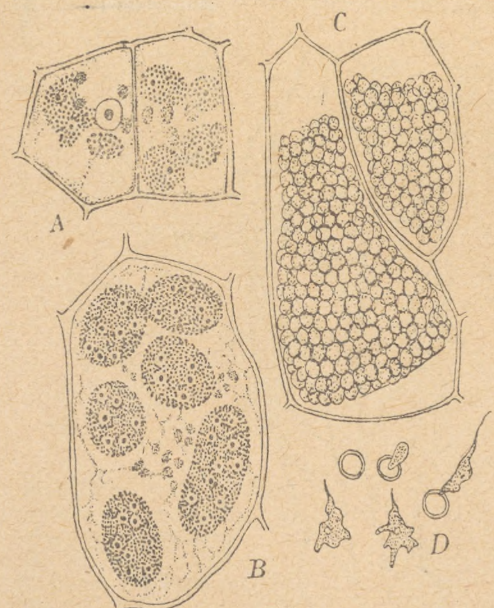
ROZDZIAŁ V

# GRZYBY

50. PODZIAŁ. Grzyby, jak to już było podane w ust. 20, są plechowatymi, bezzieleniowymi roślinami, żyjącymi przeważnie na lądzie. Żywią się kosztem martwych albo żywych organizmów. Są przeto albo roztoczami, albo pasożytami. Składają się ze strzępek, nitkowatych, jedno- lub wielokomórkowych tworów, opatrzonych chitynową błoną nie zawierającą celulozy.

Grzyby dzielą się na 4 gromady: pleśniaki *(Phycomycetes)*, podstawczaki *(Basidiomycetes)*, workowce *(Ascomycetes)* i grzyby niedoskonałe *(Fungi imperfecti)*.

51. PLEŚNIAKI *(Phycomycetes)*, liczące około tysiąca gatunków, nie są typowymi grzybami. Odznaczają się one strzępkami bez przegród, zawierającymi liczne jądra we wspólnej protoplazmie. Zapłodnienie przebiega u nich w sposób zwykły: kariogamia (łączenie się jąder) odbywa się jednocześnie z plazmogamią (łączenie się protoplazm). U typowych grzybów natomiast strzępki podzielone są na komórki o jednym, dwóch, rzadziej większej ilości jąder, a zapłodnienie jest rozwleczone. Kariogamia odbywa się później i w innym miejscu niż plazmogamia.

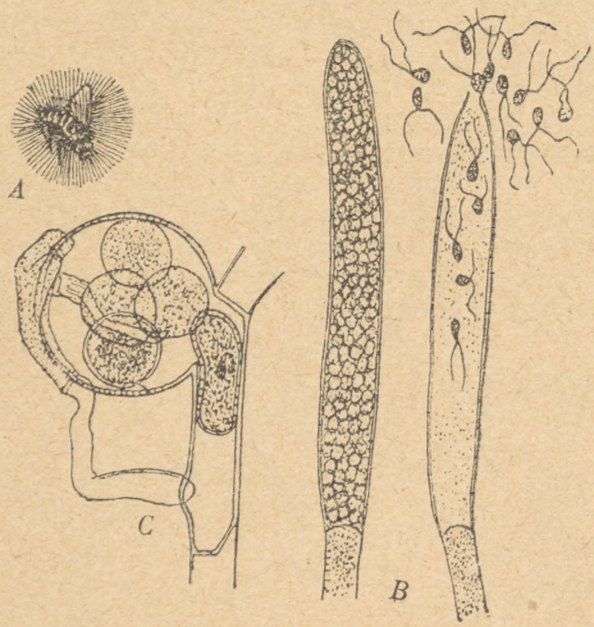



Ryc. 215. *Plasmodiophora Brassicae* pasożyt kapusty. — *A* i *B* Komórki żywiciela z plechą pasożyta. — *C* Komórki żywiciela z zarodnikami pasożyta. — *D* Kiełkowanie zarodników. — Według Nawaszina i Woronina

Strzępki pleśniaków splatają się tylko luźno — przeto grzyby te mają ciało zredukowane do grzybni, bez owocników i przetrwalników, spotykany często u prawdziwych grzybów. Najprostsze formy nie mają nawet strzępek. Niektóre pleśniaki żyją w wodzie, co jest wyjątkowe dla grzybów. Takie formy rozmnażają się za pomocą pływek jak glony, co zresztą spotykamy także u niektórych pleśniaków lądowych.

Najprostsze pleśniaki są mikroskopowej wielkości i mają komórki nieobłonione, zaokrą-

glone, niepodobne do strzępek. Stanowią one rząd **grzybów pierwotnych** *(Archimycetes)*. Są to pasożyty. Dwa z nich, a mianowicie: **Kiła kapuściana** *(Plasmodiophora Brassicae)* i **rak ziemniaczany** *(Synchytrium endobioticum)* są bardzo szkodliwe. Kiła kapuściana (ryc. 215) powoduje przerosty na korzeniach kapusty. Naga plecha tego pasożyta żyje w komórkach korzenia kapusty. Jest ona z początku jednojądrowa, ale w miarę rozrastania się ilość




Ryc. 216. *Saproleguia Thureti.* — *A* Mucha pokryta grzybnią. *B Zoosporangia* (zarodnie wytwarzające pływki). — *C* Lęgnia z plemnią. — Wg Thureta i de Bary

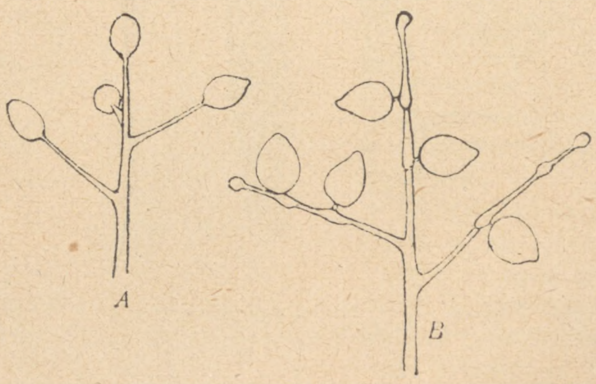
jej jąder pomnaża się. Osobniki, żyjące w tej samej komórce, mogą łączyć się z protoplazmami, tak jak to czynią ameby śluzowców, z którymi omawiany pasożyt ma dużo wspólnego. Po pewnym czasie plecha rozpada się na wielką ilość zarodników okrytych chitynową błoną. Przy ich powstawaniu następuje redukcja chromatyny. Są to komórki haploidalne. Dostają się one do gleby skutkiem gnicia korzeni i przebywają w spoczynku przez zimę. Na wiosnę wychodzą z nich nagie jednowiciowe pływki, które łączą się ze sobą parami tworząc diploidalne ameby. Te ameby wchodzą do komórek korzeni kapusty i cykl rozwojowy zaczyna się na nowo.

Rak ziemniaczany powoduje groźną chorobę kłębów ziemniaczanych. Zarażenie następuje przez pływki, które rozchodzą się do młodych ko-

mórek żywiciela. Tam odbywa się złożony rozwój pasożyta, który kończy się wytworzeniem licznych pływek. Pływki pływają w wodzie glebowej i roznoszą zarazę.

Przechodzimy teraz do typowych pleśniaków wytwarzających grzybnię. Rozpatrzymy z nich dwa najważniejsze rzędy: lęgniowców (*Oomycetes*) i sprzężniaków (*Zygomycetes*).

Lęgniowców charakteryzuje forma rozmnażania płciowego za pomocą lęgni — żeńskich narządów rozrodczych — i plemni — męskich narządów. Niektóre z tych grzybów żyją w wodzie i rozmnażają się za pomocą pływek, podobnie jak poprzednio omówione grzyby pierwotne. Jako przykład weźmiemy Saprolegnię (ryc. 216), pasożytującą na wodnych owadach, rakach i rybach. Kulturę tej rośliny bardzo łatwo można otrzymać. Wystarczy położyć świeżo zabite muchy na powierzchnię wody, zaczerpniętej ze stawu albo bagna, ażeby się na niej wytworzyła grzybnia, złożona ze sztywnych, promienisto rozchodzących się strzępek. Przy rozmnażaniu wegetatywnym końce tych strzępek nabrzmiewają przybierając kształt maczugi i odcinają się poprzeczną błoną. Zawartość dzieli się na dwuniciowe pływki. Rozmnażanie płciowe odbywa się za pomocą kulistych lęgni wyrastających z boku strzępek.

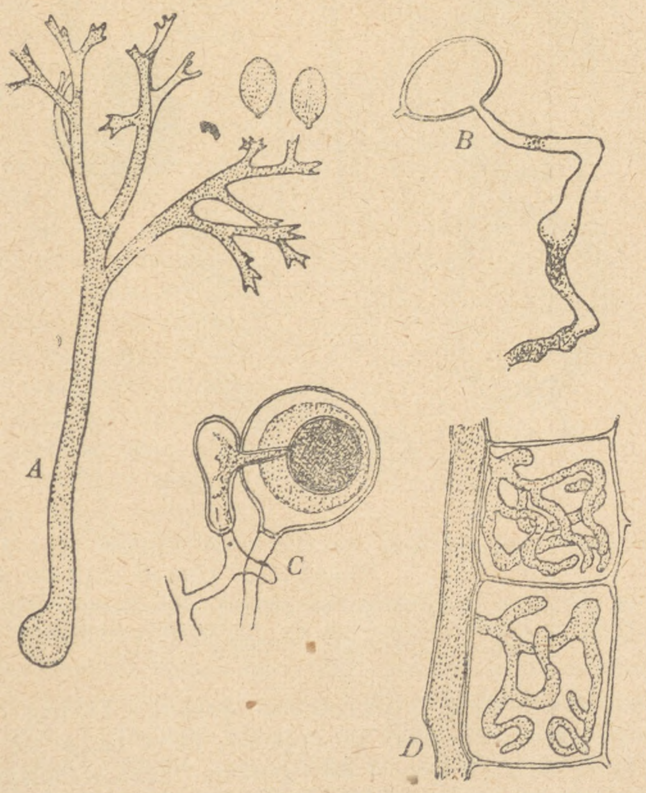



Ryc. 217. Zaraza ziemniaczana (*Phytophthora infestans*) — *A* Pierwsze konidia na szczytach gałązek. — *B* Późniejszy stan rzeczy. — Według de Bary

Zawierają one kilka jednojądrowych nagich komórek jajowych. Obok lęgni wytwarza się cienkie odgałęzienie, którego końcowa część oddziela się przy pomocy błony i stanowi plemnię. Nie ma jednak w niej odrębnych plemników, lecz niepodzielona masa protoplazmy z licznymi jądrami. Jest to połączenie wielu jednojądrowych plemników. Takie wielojądrowe, złożone gamety noszą nazwę cenogamet. Spotkamy się z nimi jeszcze kilkakrotnie u grzybów. Zapłodnienie odbywa się w ten sposób, że z plemni wyrastają rurkowate odgałęzienia, które kierują się ku jajom i wpuszczają do każdego z nich jedno jądro z częścią protoplazmy. Zygoty otaczają się grubymi błonami i pozostają przez

pewien czas w spoczynku. Przy kiełkowaniu ich wytwarzają się pływki, a z nich dopiero grzybnia. Przy tworzeniu się pływek odbywa się prawdopodobnie podział redukcyjny.

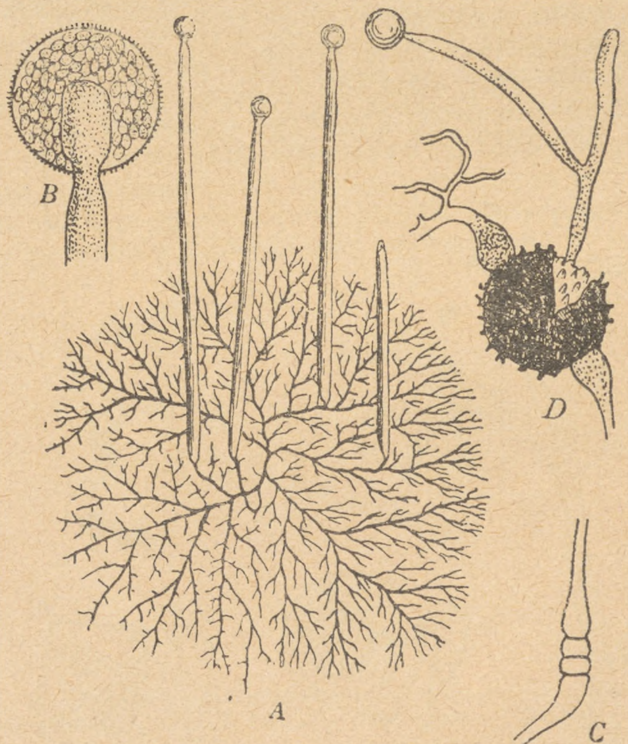
Poczynając od takich form, jak *Saprolegnia* — żyjących w wodzie i rozmnażających się za pomocą pływek — można prześledzić szereg przejść do form lądowych, nie tworzących pływek. Taką formą przejściową jest, między innymi, zaraza ziemniaczana *(Phytophthora infestans)* pasożytująca na liściach, rzadziej na kłębach ziemniaków. Rozmnaża się ona za pomocą konidiów, które w suchą pogodę kiełkują od razu, w deszczową zaś wytwarzają pływki. Rozprzestrzenianie się zarazy odbywa się w wilgotne lata daleko szybciej niż w suche. Konidia tworzą się pojedynczo na końcach rozgałęzionych strzępek wyrastających ze szparek oddechowych (ryc. 217). Rozmnażanie płciowe w warunkach naturalnych nie odbywa się, ale było obserwowane na sztucznych pożywkach. Przebiega ono tak samo jak u saprolegnii, z tą różnicą, że w lęgni tworzy się jedno tylko jajo.




Ryc. 218. *A Peronospora leptosperma.* Strzępka wytwarzająca konidia. — *B* Ten sam grzyb. Kiełkowanie konidium. — *C Peronospora Alsinedrum.* Zapłodnienie. — *D Peronospora calotheca.* Strzępki z ssawkami. — Według de Bary

Jako przykład form czysto lądowych można przytoczyć gatunki peronospory. U tych pasożytów różnych roślin konidia powstają, jak u zarazy ziemniaczanej, na końcach odgałęzień strzępek wyrastających ze szparek żywiciela (ryc. 218). Nie tworzą one jednak nigdy pływek i kiełkują bezpośrednio. Rozmnażanie płciowe odbywa się tak samo jak u zarazy ziemniaczanej.

Przejdziemy teraz do sprzężniaków. Są to rośliny wyłącznie lądowe, przeważnie pleśnie. Rozmnażanie płciowe odbywa się w drodze swoistej izogamii (ryc. 219). Dwie strzępki, pochodzące często z różnych grzybni zróżnicowanych płciowo (płcie: + i —), schodzą się końcami

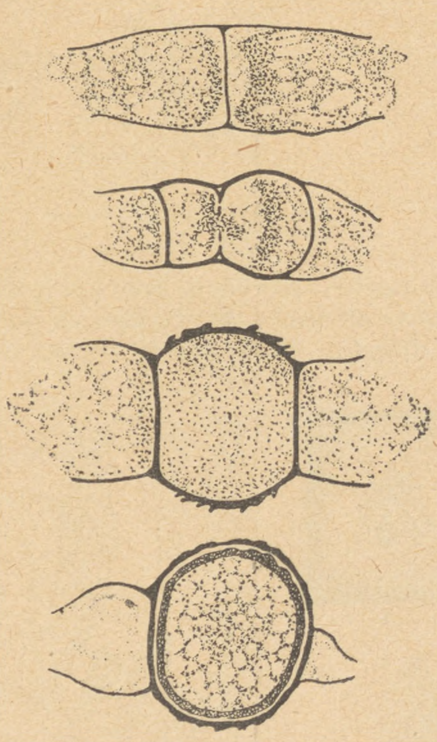



Ryc. 219. *Mucor Mucedo.* — *A* Grzybnia z zarodniami. — *B* Zarodnia w przekroju. — *C* Łączenie się dwóch strzępek prowadzące do wytworzenia siemienia (zygoty). — *D* Kiełkowanie siemienia. — Według Lachsa

i odcinają końcowe odcinki poprzecznymi błonami. Tworzą się w ten sposób dwie pozornie jednakowe cenogamety, które łącząc się dają zygotę. Jądra łączą się przy tym ze sobą parami. Taka wielojądrowa zygota nazywa się cenozygotą. Otacza się ona potrójną błoną o ciemnej barwie i nierównej powierzchni i przebywa w stanie spoczynku przez pewien czas. Przy kiełkowaniu wyrasta z niej krótka strzępka,

która nabrzmiewa na końcu i, odcinając to nabrzmienie poprzeczną błoną, tworzy kulistą zarodnię (ryc. 220 D). W niej odbywają się podziały redukcyjne i tworzą jednojądrowe haploidalne zarodniki, z których wyrasta grzybnia.

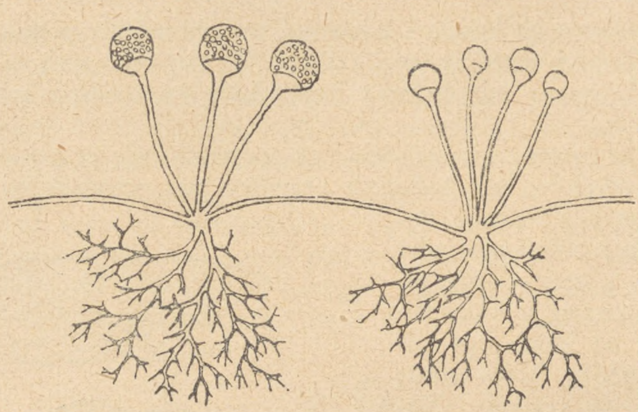
Sprzężniaki rozmnażają się poza tym wegetatywnie za pomocą innego rodzaju zarodników, nie będących prawdziwymi zarodnikami, lecz raczej konidiami. Zawierają one po kilka haploidalnych jąder i tworzą się z grzybni bez redukcji chromatyny w kulistych woreczkach na końcu specjalnych strzępków, które rosną prostopadle do podłoża. Nazywa się je zarodniami, jakkolwiek właściwie nimi nie są.




Ryc. 220. *Sporodinia grandis*. Kolejne stadia wytwarzania siemienia (zygoty). — Według K e e n e

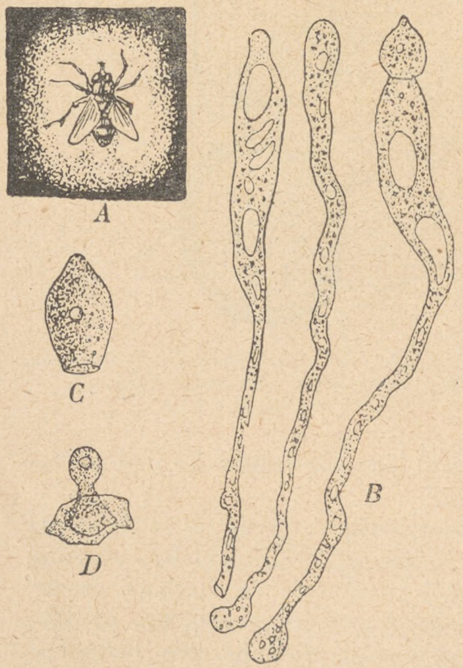
Powyższy opis odnosił się głównie do tych gatunków sprzężniaków, które mają formę pleśni. Rośliny te zjawiają się samorzutnie na wszelkich ciałach organicznych znajdujących się w wilgotnym powietrzu (nawóz, drzewo, pokarmy, skóra). Jest to powodowane oczywiście roznoszeniem zarodników przez prądy powietrza. Przedstawiony na ryc. 219 gatunek *Mucor Mucedo* wyrasta na nawozie. Na pokarmach mącznych zjawia się zwykle *Rhizopus nigricans* (ryc. 221), ciekawy przez zróżnicowanie swoich strzępek na trzy rodzaje: jedne zagłębiają się w podłożu na podobieństwo korzeni, inne idą łuskowato nad podłożem, trzecie wreszcie tworzą „zarodnie".

Istnieją także sprzężniaki pasożytnicze, ciekawe przez to, że napadają na owady. Przedstawiają się one trochę inaczej. Najważniejszy pleśniak tego rodzaju *Empusa muscae* (ryc. 222) pasożytuje na muchach domowych. Zabite przez pasożyta muchy, jakie widzieć można np. na szybach okiennych, są otoczone białawą obwódką. Są to konidia, które odpowiadają wegetatywnym „zarodniom" u pleśni. Konidia tworzą się w ten sposób, że niektóre strzępki wyrastają z ciała owada i odcinają na końcu pojedynczą wielojądrową komórkę. Konidia są odrzucane działaniem ciśnienia osmotycznego strzępki. Trafiając na przelatujące w po-



Ryc. 221. *Rhizopus nigricans.* — Według Schrötera

bliżu muchy, powodują one ich porażenie. Jeżeli konidium takie nie wpadnie na muchę, to przylepia się do danego podłoża i wypuszcza krótką strzępkę. Na końcu jej wytwarza się wtórne mniejsze konidium, które również zostaje odrzucone, lecz na mniejszą odległość. Rozmnażanie płciowe u tego grzyba nie odbywa się, ale było obserwowane u form pokrewnych.




Ryc. 222. *Empusa muscae.* — *A* Mucha otoczona konidiami. — *B* Powstawanie konidium na końcu strzępki. — *C* Odrzucone konidium. — *D* Tworzenie się wtórnego konidium. — Według Brefelda

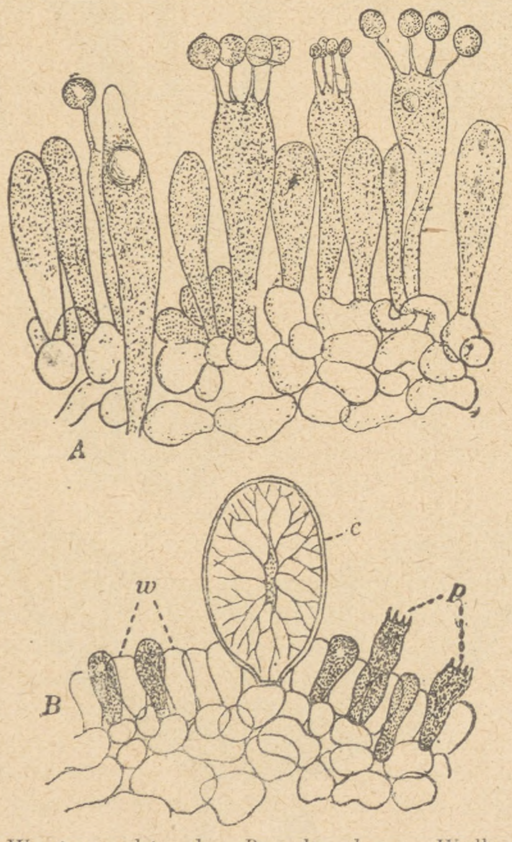
POKAZY. Łatwo jest otrzymać kultury pleśni sprzężniaków umieszczając w ciemnym miejscu zwilżony nawóz i chleb pod kloszem. Będzie się widziało grzybnię i wegetatywne zarodnie. Zjawiają się przy tym także inne pleśnie należące do workowców: *Aspergillus*, *Penicillium*.

52. PODSTAWCZAKI, liczące ponad 14 tysięcy gatunków, charakteryzują się osobliwym sposobem wytwarzania zarodników na specjalnych strzępkach, zwanych podstawkami. Ten sposób rozmnażania był już opisany w ust. 20. Został tam zarazem przedstawiony cykl rozwojowy typowych podstawczaków, mających postać grzybów kapeluszowych. Duże ich owocniki są u wielu gatunków jadalne,

u innych znowu trujące. Jest rzeczą niemałej wagi móc odróżniać jedne od drugich.

Z typowych podstawczaków rozpatrzymy dwa rzędy: o b ł o c z n i a k ó w *(Hymenomycetes)* i w n ę t r z n i a k ó w *(Gasteromycetes)*.

Obłoczniaki charakteryzują się tym, że podstawki ich są umieszczone równolegle do siebie na zewnętrznej powierzchni górnej części owocników, prostopadle do tej powierzchni, tworząc tzw. w a r s t w ę (ryc. 223).

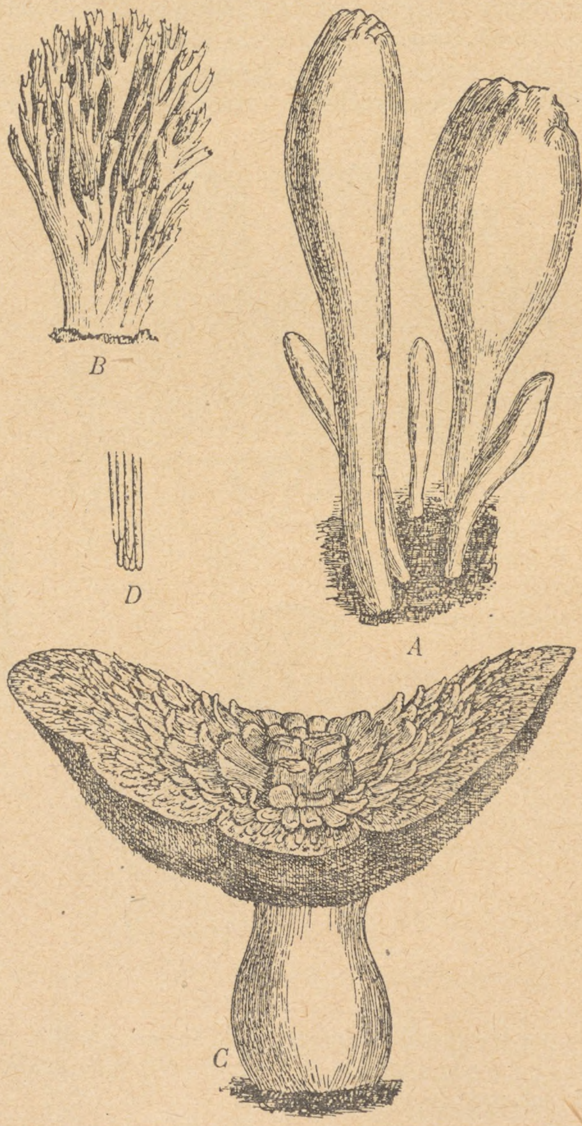



Ryc. 223. Warstwa podstawek u *Russula rubra*. — Według d e B a r y

W najprostszym przypadku powierzchnia ta jest gładka, jak np. w rodzinie g o z d z i e ń c o w a t y c h *(Clavariaceae)*. Owocniki są tu buławowate albo krzaczaste (ryc. 224 *A* — *B*).

W rodzinie k o l c z a k o w a t y c h *(Hydnaceae)* warstwa mieści się na powierzchni kolców, którymi jest najeżona pewna część owocnika. Jako przykład można przytoczyć rodzaj — kolczak — [*Hydnum* (ryc. 224 *C* i *D*)], u którego owocnik składa się z trzona i kapelusza, a kolce mieszczą się na dolnej stronie tego ostatniego. Owocniki zresztą mogą być i innego kształtu.

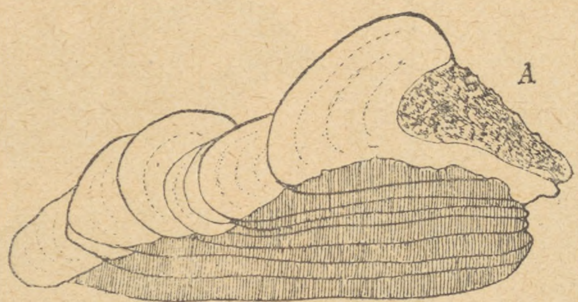
W rodzinie żagwiowatych *(Polyporaceae)* warstwa wyściela rurkowate wgłębienia w owocniku, który kształtuje się różnie. Rozpatrzymy trzy przykłady: huby, borowik i grzyb domowy.




Ryc. 224. *A Clavaria pistillaris.* — *B Cl. cristata.* — *C Hydnum imbricatum.* — *D H. imbricatum.* — Według Henningsa

Huby, a głównie rodzaj *Polyporus,* rosną na drzewach i żywią się substancją drzewną. Powodują one przeto szkody w drzewostanach. Mają owocniki spłaszczone, przyrośnięte jednym brzegiem do drzewa

(ryc. 225). Warstwa mieści się na dolnej stronie. Ciekawe jest, że owocniki hub są trwałe i narastają z roku na rok. Borowik *(Boletus edulis)* ma w swoim owocniku wyraźny trzon i kapelusz. Jest to najcenniejszy z grzybów jadalnych. Są jednak gatunki tego samego rodzaju, np. *B. Sanatas*, silnie trujące. Grzyb domowy *(Merulius lacrymans)* żywi się kosztem drewna. Spotykany w lasach, występuje on głównie jednak




Ryc. 225. Huba *Polyporus igniarius*. Przekrój owocnika ze słojami rocznymi; *A* Miejsce umocowania na pniu drzewnym

w budowlach, gdzie czyni nieraz istne spustoszenia. W pewnych tylko warunkach tworzy on na powierzchni drewna blaszkowate owocniki o nierównej powierzchni. W jej wgłębieniach tworzą się podstawki. Ciekawą właściwością tego owocnika jest wydzielanie kropel wody, skąd pochodzi jego nazwa gatunkowa „łzawiący" *(lacrymans)*.

Wreszcie do obłoczniaków należy rodzina bedłkowatych *(Agaricaceae)*. Charakteryzują je bardzo wyraźne owocniki powszechnie znanego „parasolowatego" kształtu, z ustawionymi promienisto na dolnej stronie kapelusza pionowymi blaszkami, które są pokryte warstwą podstawek. Należą tu cenne grzyby jadalne, jak pieczarka *(Psalliota campestris)* i rydz *(Lactarius deliciosus)* oraz silnie trujące, jak muchomor *(Amanita muscaria)*. Opieńka *(Armillaria mellea)* szkodzi drzewom wpuszczając pod korę sznury grzybni (ryc. 226).

Rząd wnętrzniaków ma podstawki ukryte w komorach wewnątrz owocników. Ścianki tych komór są pokryte warstwą podstawek. Przykładem może tu służyć powszechnie znana purchawka *(Lycoperdon)*, u której zachodzi ta komplikacja, że w ściankach komór powstają sprężyste nici tworzące włośnie, na podobieństwo niektórych śluzowców.

Poza opisanymi powyżej typowymi podstawczakami, które są przeważnie roztoczami, wielkie znaczenie mają wyłącznie pasożytnicze podstawczaki bez owocników, o swoistym cyklu rozwojowym — głowniowate *(Ustilaginales)* i rdze *(Uredinales)*. Grzybnia ich żyje między komórkami różnych roślin naczyniowych, głównie nasiennych i wysysa

z nich soki nie wpuszczając jednak zazwyczaj ssawek do wnętrza komórek żywiciela. Obecność pasożyta ujawnia się tylko w słabszym wzroście porażonej rośliny, dopóki nie wytworzy on narządów rozmnażania. Wtedy występują przerosty i zniekształcenia części roślin, rozrywa się skórka ujawniając wytworzone zarodniki itp.




Ryc. 226. Opieńka *(Armillaria mellea)*. — *A* Sploty strzępek (rhizomorfy) pod korą na powierzchni drewna. — *B* Owocniki. — Według W e t t s t e i n a

Grzyby głowniowate, liczące około 400 gatunków, wytwarzają w ciele żywiciela grzybnię, złożoną z dwujądrowych komórek. Z tej grzybni powstają w zalążniach kwiatów żywicieli osobliwe komórki rozrodcze, tzw. c h l a m y d o s p o r y, zawierające początkowo dwa jądra, które wkrótce zlewają się ze sobą. Zalążnie nie wytwarzają oczywiście owoców i przemieniają się w woreczki wypełnione chlamydosporami, przy czym czasem, np. u głowni kukurydzianej *(Ustilago Maydis)*, rozrastają się silnie (ryc. 227). Chlamydospory są ciemnej barwy i dlatego kwiaty i kwiatostany żywiciela wyglądają, jak gdyby były posypane sproszkowanym węglem. Po przezimowaniu na ziemi, chlamydospory wypuszczają na wiosnę krótką strzępkę, pramycelium, na której, tak jak na podstawkach, tworzą się przez pączkowanie w różnej ilości jednojądrowe zarodniki, tzw. s p o r i d i a (ryc. 228). Jądro diploidalne chlamado-

spory ulega podziałowi redukcyjnemu i dlatego jądra sporidiów są haploidalne. Sporidia łączą się ze sobą w różny sposób protoplazmami zachowując odrębne jądra. Czasem dwujądrowe komórki tworzą się u samych pramyceliach skutkiem wędrówki jąder z jednej komórki do dru-



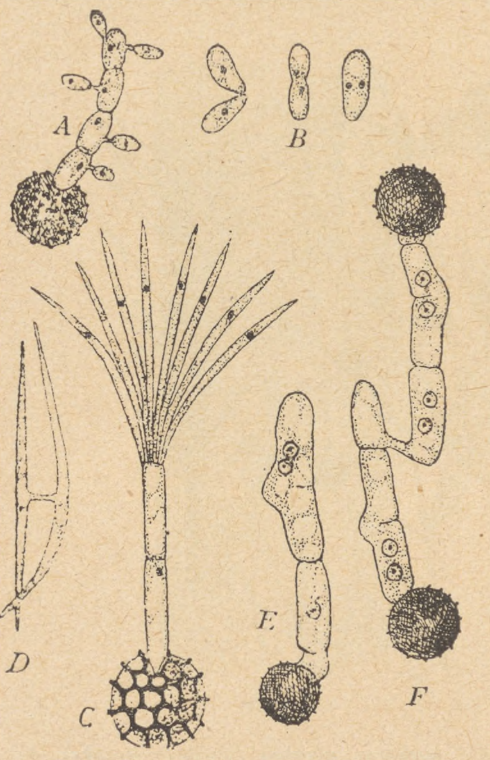

Ryc. 227. *A* Żeński kwiatostan kukurydzy porażony głownią (*Ustilago maydis*). — *B* Wiecha owsa porażona głownią (*Ustilago avenae*). — *C* Kłos pszenicy porażony śniecią (*Tilletia tritici*); pod wpływem pasożyta kłoski odchylone od osi kłosa. — Według Dietela i Swingle'a

giej (ryc. 228 *E* i *F*). Powstają tymi sposobami komórki dwujądrowe, które posiadają zdolność zarażania młodych roślin wytwarzając w nich grzybnię o dwujądrowych komórkach.

Porównując ten cykl rozwojowy z cyklem typowych podstawczaków, widzimy, że odbywa się tu typowe dla grzybów rozwleczone zapłodnienie, które zaczyna się od połączenia protoplazm sporidiów i kończy połączeniem jąder w chlamydosporach. Te ostatnie są właściwie zygotami i odpowiadają podstawkom typowych podstawczaków.

Grzyby głowniowate są groźnymi pasożytami wielu roślin, w szczególności zbóż. Są ich dwa rodzaje: głownie *(Ustilago)* i śniecie *(Tilletia)*. U głowni (ryc. 228 *A, E, F*) pramycelium jest czterokomórkowe i wytwarza sporidia na boki, u śnieci (ryc. 228 *C*) zaś jest dwukomórkowe i wytwarza pęk sporidiów na szczycie.

Przechodzimy dalej do rdzy. Grzyby te, liczące około 1700 gatunków, mają cykl rozwojowy bardziej złożony, z wyraźnym rodozmianem. Mają one dwie formy grzybni: z jednojądrowymi i dwujądrowymi komórkami. Grzybnie te często żyją na różnych żywicielach — np. u rdzy pszenicznej (*Puccinia graminis*) grzybnia o pojedynczych jądrach żyje na berberysie (*Berberis vulgaris*), a grzybnia o dwujądrowych komórkach — na pszenicy, ewentualnie na innych zbożach.



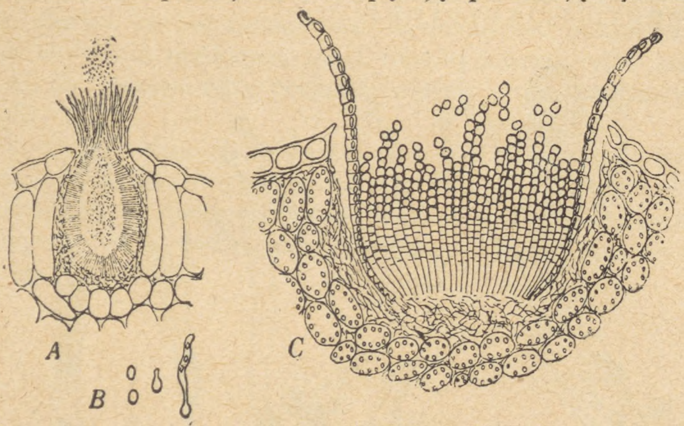

Ryc. 228. *A Ustilago marginalis*. Kiełkowanie chlamydospory. — *B. U. marginalis*. Łączenie się sporidiów. — *C Tilletia Tritici*. Kiełkowanie chlamydospory. — *D* Ta sama śnieć. Łączenie się sporidiów. — *E Ustilago Carbo*. Wędrówka jąder w promycelium. — *F* Ta sama głownia. Wędrówka jąder z jednego promycelium do drugiego. — Według Paravicini i Rawitschera

Rozpatrzmy cykl rozwojowy tych grzybów. Grzybnia o jednojądrowych komórkach wytwarza w liściach żywiciela (u rdzy pszenicznej na berberysie) dwa rodzaje narządów rozmnażania: na górnej stronie liści spermogonia i na dolnej — ecydia (ryc. 229). Spermogonia są to skupienia strzępek, odcinających na końcu jednojądrowe zarodniki, zwane spermacjami. Narządy te mają zwykle powłokę ze strzępek płonnych i otwierają się przerywając skórkę żywiciela i wypuszczając na zewnątrz pęk strzępek. Razem ze spermacjami wydziela się kleista ciecz, dzięki czemu są one roznoszone przez owady. O ich roli będzie mowa poniżej.

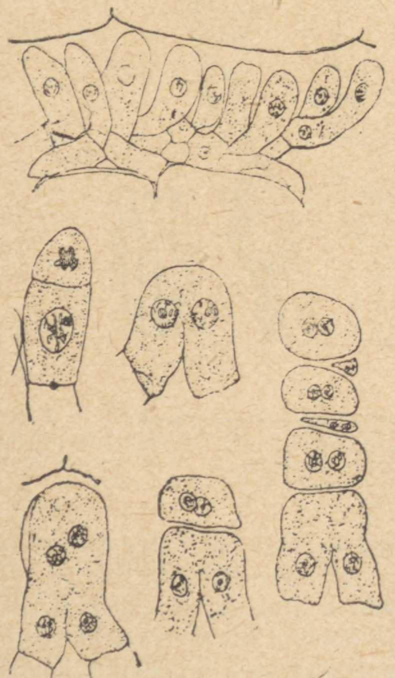
Ecydia są to innego rodzaju skupienia strzępek. W stanie dojrzałym składają się one z gęsto, równolegle do siebie ułożonych sznurów dwujądrowych zarodników, zwanych ecydiosporami. Naokoło twór taki jest zwykle otoczony powłoką złożoną ze strzępek o zgrubiałych błonach. Ecydiospory są wyrzucane na zewnątrz przez otwór w skórce żywiciela na odległość 1—15 *mm*.

Dwujądrowe ecydiospory, powstające z grzybni o komórkach jednojądrowych, tworzą się oczywiście przez plazmogamię. Dzieje się to przez połączenie komórek sąsiednich strzępek (ryc. 230 *A*, *B*) albo przez wędrówkę jądra z jednej komórki do drugiej w tej samej strzępce. W ten

sposób powstają dwujądrowe zygoty, które przez wielokrotny podział wytwarzają sznury ecydiospor. W tych sznurach zarodniki są podzielone drobnymi komórkami płonnymi, które pękając powodują wyrzucanie ich.



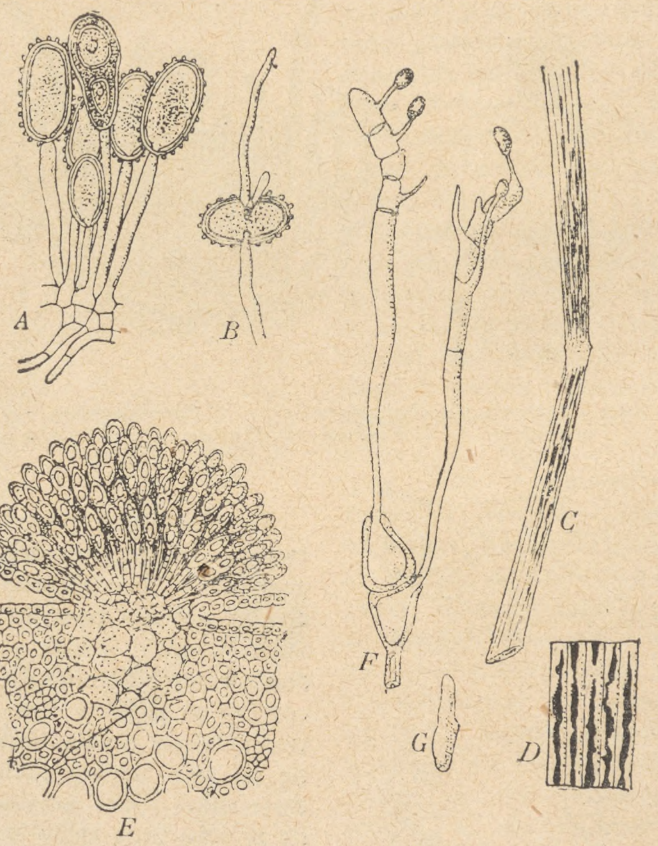

Ryc. 229. Rdza pszeniczna (*Puccinia graminis*). — *A* Spermogonium. — *B* Kiełkowanie spermatiów. — *C* Ecydium. — Według von Tavela



Ryc. 230. Rdza *Phragmidium speciosum*. Powstawanie ecydiospor. — Według Christmana

U niektórych rdzy ecydiospory tworzą się ze strzępek tej samej grzybni, w szczególności, jeżeli zachodzi opisana powyżej wędrówka jąder. Częściej jednak grzybnie o jednojądrowych komórkach są zróżnicowane na płcie: + i —. Ażeby wytworzyły się ecydia, muszą znaleźć się na tym samym liściu żywiciela dwie takie różne grzybnie. Łączyć się ze sobą będą tylko komórki różnych znaków wytwarzając ecydiospory. Jeżeli natomiast w danym liściu wyrośnie jedna tylko z dwóch grzybni, to ecydiospory wytworzą się wtedy jedynie, gdy dostaną się tu spermacje z drugiego rodzaju grzybni. Przylepiają się one do wystających na zewnątrz strzępek spermogonium (ryc. 229 *A*), a jądra ich przechodzą do komórek wspomnianych strzępek wytwarzając pary jąder, niezbędne do powstawania ecydiospor.

Z ecydiospor wyrasta grzybnia o dwujądrowych komórkach i to przeważnie na innym żywicielu, np. u rdzy pszenicznej na pszenicy. Ta nowa forma grzybni rozmnaża się za pomocą dwóch rodzajów zarodników: uredospor i teleutospor.



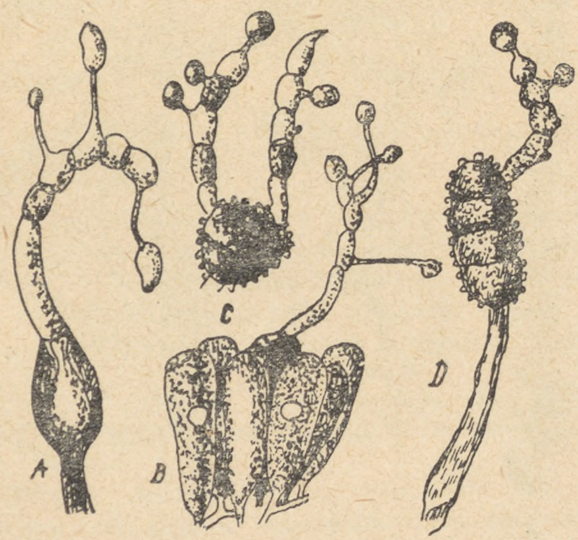

Ryc. 231. Rdza pszeniczna. — *A* Uredospory; wśród nich jedna teleutospora. — *B* Kiełkowanie uredospory. — *C* Skupienie teleutospor na źdźble. — *D* To samo powiększone. *E* Przekrój skupienia teleutospor. — *F* Kiełkująca teleutospora. — *G* Kiełkujące sporidium. — Według von Tavela, Tulasne'a, de Bary i Dietela

Uredospory tworzą się grupami pod skórką liści lub łodyg żywiciela. Wydobywają się one na zewnątrz przerywając skórkę (ryc. 231 *A*). Są dwujądrowe i powstają z końcowych komórek strzępek. Komórki te rozrastają się, zaokrąglają, pogrubiają swoje błony i wytwarzają w protoplazmie czerwonawe barwiki. Są to pewnego rodzaju konidia. Kiełkują one na tym samym żywicielu i stanowią najskuteczniejszy sposób rozprzestrzeniania się rdzy, bo wiatry roznoszą je na wielkie odległości.

Po uredosporach tworzą się w podobny sposób teleutospory (ryc. 231 *E*). Są one początkowo dwujądrowe, potem zaś jądra łą-

czą się tworząc jądro diploidalne. W ten sposób zapłodnienie, zaczęte plazmogamią w ecydiach, kończy się tu kariogamią. Teleutospory mają bardzo grubą błonę, co wiąże się z tym, że zimują one, a kiełkują dopiero na wiosnę. Barwa ich jest ciemniejsza niż uredospor. Skupienia ich, podobnie jak skupienia uredospor, mają rdzawą barwę, tylko ciemniejszą (ryc. 231 *C, D*). Nazwa rdzy pochodzi właśnie z takich rdzawych plam na zbożach.

Teleutospory są różnie zbudowane i dają jedyne pewne cechy do rozpoznawania i klasyfikacji rdzy w rodzaju *Puccinia,* do którego ona należy, teleutospory są dwukomórkowe, u *Uromyces* są jednokomórkowe, u *Triphroagmidium* — dwókormórkowe itp., u *Phragmidium* — wielokomórkowe itp. (ryc. 232).




Ryc. 232. Kiełkujące teleutospory u różnych rdzy. — *A Uromyces Fabae.* — *B Melampotra betulina.* — *C Triphragmidium Ulmariae.* — *D Phragmidium Rubi.* Według Tulasne'a

Teleutospory kiełkują w ten sposób, że z każdej ich komórki wyrasta czterokomórkowa strzępka, pramycelium. Diploidalne jądro teleutospory dzieli się przy tym najpierw redukcyjnie, potem zwyczajnie, i w wyniku każda komórka pramycelium otrzymuje po jednym haploidalnym jądrze. Przez uwypuklenie tworzą się z tych komórek cztery zarodniki, sporidia, do których przechodzą wspomniane jądra z częścią protoplazmy. U gatunków rozdzielno-płciowych dwa sporidia tworzą grzybnię +, dwa pozostałe grzybnię —. Sporidia, kiełkując na odpowiednim żywicielu (u rdzy pszenicznej na berberysie), wytwarzają grzybnię o jednojądrowych komórkach. Zamyka się w ten sposób cykl rozwo-

jowy wykazujący swoistą formę rodozmianu. W nim wszystkie jądra są haploidalne, z wyjątkiem jądra teleutospory. Jeżeli porównamy ten rodozmian z rodozmianem paproci, to formie haploidalnej (przedroślom) będzie odpowiadała grzybnia o jednojądrowych komórkach, formie zaś diploidalnej — grzybnia o dwujądrowych komórkach.




Ryc. 233. *Uromyces Pisi.* — *A* Zniekształcony przez pasożyta pęd wilczomlecza (*Euphorbia cyparissias*) z ecydiami na liściach. — *B* Pęd normalny tejże rośliny. — *C* Ecydia w powiększeniu. — *D* Pęd grochu z teleutosporami. — *E* Skupienie teleutospor powiększone. — Według Dietela

Z pięciu rodzajów zarodników rdzy tylko sporidia są naprawdę zarodnikami, takimi jak zarodniki paproci, spermacja są gametami męskimi, ecydiospory i teleutospory są zygotami, uredospory wreszcie mają charakter konidiów i dokonują rozmnażania wegetatywnego. Teleutospory są również odpowiednikiem podstawek grzybów kapeluszowych.

Z poszczególnych gatunków zasługuje na uwagę przede wszystkim rdza pszeniczna, o której już była mowa. Jest to bardzo szkodliwy pasożyt, który powoduje osłabienie roślin zbożowych, przez co wydają one mało ziarn dostatecznie wykształconych. Ciekawą i ważną rzeczą jest istnienie u tej rdzy ras biologicznych, gatunków elementarnych,

nie różniących się wyglądem. Różnią się one zachowaniem w stosunku do elementarnych gatunków zbóż napadając na jedne, oszczędzając inne. Drugim ciekawym przykładem jest rdza grochowa [*Uromyces pisi* (ryc. 233—234)], której grzybnia o jednojądrowych komórkach żyje na wilczomleczu cyprysowatym (*Euphorbia cyparissias*) powodując charakterystyczne zniekształcenie żywiciela: nie wytwarza on kwiatów, liście



Ryc. 234. Czarcia miotła wywołana na jodle przez *Melampsorella Caryophyllacearum*. Według Tubeufa

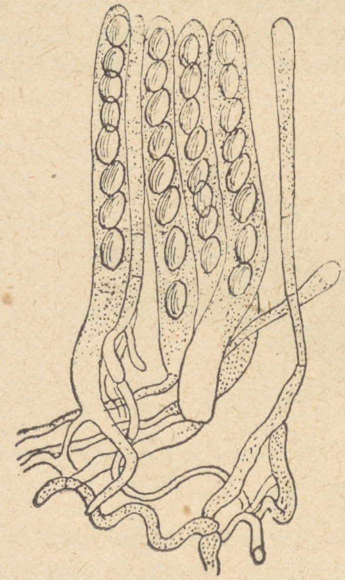
jego skracają się i grubieją. Grzybnia o dwujądrowych komórkach żyje na grochu, u którego często można widzieć ciemne plamy — skupienia uredo- i teleutospor. Nie ma tu natomiast żadnych zniekształceń. Jako przykład rdzy, żyjącej na jednym tylko żywicielu, można przytoczyć rodzaj *Phragmidium* pasożytujący na różach i malinach.

POKAZY. Podstawki najłatwiej jest zaobserwować na owocniku rydza. Różne stadia rdzy pszenicznej można zobaczyć na materiale spirytusowym.

53. WORKOWCE (*Ascomycetes*) są roztoczami lub pasożytami z grzybnią o różnej ilości jąder w komórkach. Poza nielicznymi wyjątkami, grzybnie tworzą owocniki, przeważnie niewielkich rozmiarów. Grzyby te, liczące ponad 17 tysięcy gatunków, charakteryzuje, podobnie jak podstawczaki, osobliwy sposób tworzenia zarodników. Powstają one w workach o dwujądrowych komórkach podobnych do młodych podstawek. Jądra w worku łączą się dając nowe jądro diploidalne, które dzieli się trzykrotnie: z początku redukcyjnie, następnie dwa razy zwyczajnie. Naokoło każdego z wytworzonych przez te podziały ośmiu jąder zbiera się warstwa protoplazmy, która otacza się błoną. Tworzy się w ten sposób osiem zarodników, pływających w niezużytej wodnistej pozostałości protoplazmy (ryc. 235). Zarodniki są zazwyczaj odrzucane z dużą siłą przy pękaniu błony worka, która kurczy się prawie do połowy. Widocznie w workach panuje duże ciśnienie.

Z zarodników wyrasta grzybnia, a z niej owocniki. Dzieje się to inaczej niż u podstawczaków, bo dla wytworzenia owocników wystarcza

przeważnie pojedyncza grzybnia, nie potrzeba do tego dwóch i to różnych. W owocniku powstają z pewnych strzępek narządy rozmnażania płciowego, które rozpatrzymy na najlepiej poznanym przykładzie, u *Pyronema confluens* (ryc. 236). Jest to grzyb z drobnymi krążkowatymi owocnikami dogodnymi do obserwacji. Zjawiają się one często na łąkach w wypalonych miejscach. Narządy płciowe składają się z rozdętej l ę g n i, opatrzonej cienkim wyrostkiem — w ł o s t k i e m, obok której mieści się wydłużona, cieńsza od lęgni, p l e m n i a. Lęgnia, włostek i plemnia zawierają liczne jądra. Mamy tu więc do czynienia z cenogametami. Zapłodnienie odbywa się w ten sposób, że włostek przylepia się końcem do plemni i przezeń jądra jej przechodzą z większą częścią protoplazmy do lęgni. Własne jądra włostka giną przy tym. W lęgni odbywa się tylko plazmogamia — jądra nie łączą się, lecz ustawiają parami w tzw. dikarionty. Po zapłodnieniu wyrastają z lęgni specjalne s t r z ę p k i w o r k o t w ó r c z e, do których wraz z protoplazmą przechodzą pary jąder. Z początku grube, strzępki te zwężają się i dzielą na dwujądrowe komórki. Rozrastają się one i rozgałęziają w owocniku wytwarzając na końcach worki. Ustawiają się wreszcie przy górnej powierzchni owocnika prostopadle do niej, a równolegle do siebie tworząc w a r s t w ę. W skład jej wchodzą także zwykłe strzępki, mieszczące się między workami, tzw. w s t a w k i. W ten sposób cykl rozwojowy zostaje zamknięty. Występuje w nim typowe dla grzybów rozwleczenie zapłodnienia z plazmogamią w lęgniach i kariogamią w workach.



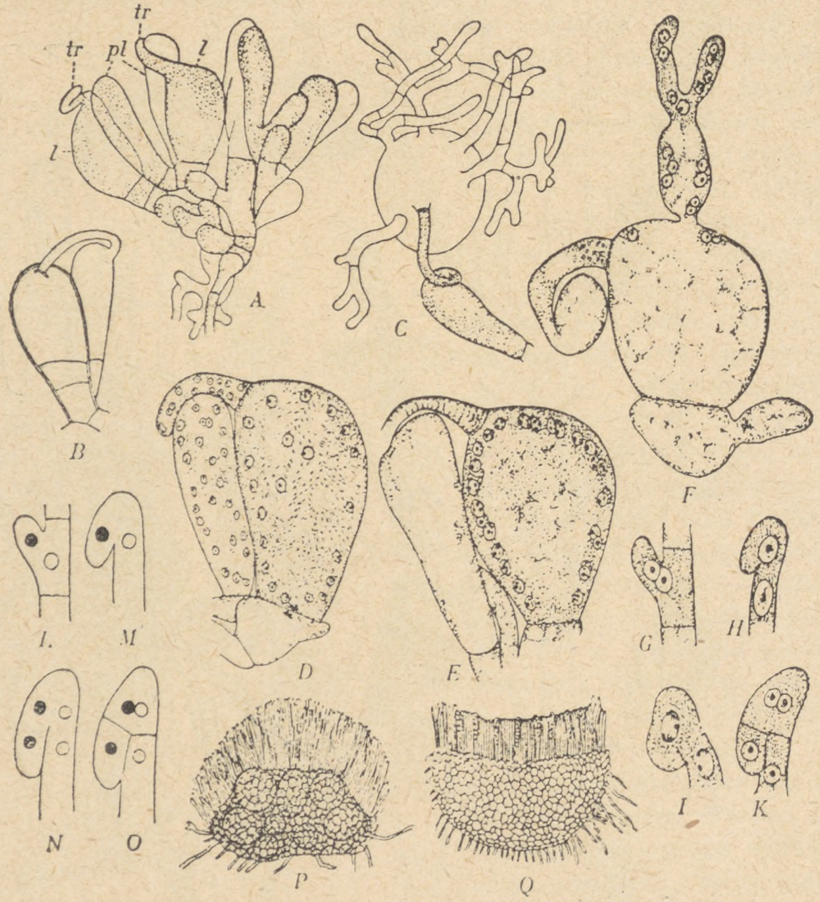
Ryc. 235. Warstwa worków (*hymenium*)

U innych workowców narządy rozmnażania wyglądają nieraz inaczej, czasem nawet nie ma zapłodnienia, ale zawsze tworzą się ostatecznie dwujądrowe worki, bodaj ze zwykłych strzępek. Poza tym bardzo często odbywa się rozmnażanie wegetatywne za pomocą konidiów.

Rozpatrzymy ważniejsze rzędy workowców poczynając od z e w n ę t r z n i a k ó w *(Exoascales)*. Są to pasożyty wytwarzające worki bezpośrednio z grzybni na powierzchni żywiciela. Powodują one jego zniekształcenie. Przykładem może służyć typowy rodzaj *Exoascus*, którego pewien gatunek *(E. pruni)* jest pasożytem śliw niszcząc ich owoce (ryc. 237).

M i s e c z n i a k i *(Discomycetes)* charakteryzują worki ułożone w warstwę na powierzchni owocników. W wielu wypadkach górna powierz-

chnia owocników jest płaska lub lekko wklęsła (ryc. 238 *A*). Na tej górnej powierzchni tworzy się u nich warstwa. Rzadziej owocnik ma kształt inny, np. u smardza składa się z górnej części grubszej, o nierównej powierzchni, pokrytej warstwą worków, i dolnej cienkiej, walcowatej, bez worków (ryc. 238 *B*).




Ryc. 236. Rozmnażanie *Pyronema confluens*. — *A* Grupa lęgni z plemnikami: *l* lęgnia, *tr* włostek, *pl* plemnia. — *B* Połączenie lęgni z plemnią. — *C* Strzępki workotwórcze wyrastające z lęgni. — *D—F* Szczegóły cytologiczne narządów płciowych i strzępek workotwórczych. — *G—K* Tworzenie się worków. — *L—O* To samo w schemacie. — *P* Młody owocnik widziany z boku; lęgnie przeświecają w postaci kul przez masę owocnika. — *Q* Dojrzały owocnik w pionowym przekroju. — *A—C* według K i h l m a n n a, *D—K* według C l a u s s e n a, *P—Q* wg d e B a r y

Omówimy teraz dwa podobne do siebie rzędy: z a t w o r n i a k ó w *(Perisporiales)* i j ą d r z a k ó w *(Pyrenomycetes)*. U tych grzybów worki wytwarzają się pękami w dolnych zbiornikach, otoczonych ścianką ze strzępek złączonych ściśle w tzw. o t o c z n i a c h. U zatworniaków




Ryc. 237. *A—F Exoascus pruni.* — *A* Porażona gałązka. — *B* Przekrój porażonego owocu. — *C* Grzybnia w tkance żywiciela; *n* nabłonek, *s* skórka. — *D* Młode worki. — *E* Worek dojrzały. — *F* Pączkowanie zarodników. — *G Exoascus alnitorquus.* Zniekształcone żeńskie kwiatostany olszy. — Według de Bary i Sadebecka

otocznie są zamknięte, powłoka ich pęka nieprawidłowo przy dojrzewaniu zarodników. U jądrzaków otocznie mają na szczycie otwór wyciągnięty w dziobek.

U zatworniaków otocznie występują pojedynczo stanowiąc same przez się owocniki. Najważniejsze z nich należą do rodziny mączniaków

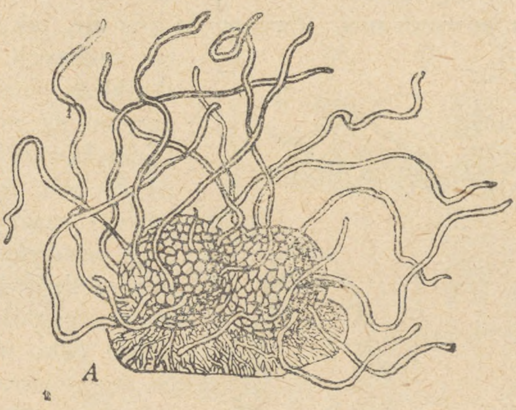
(*Erysiphaceae*). Są to pasożyty, których grzybnia trzyma się na powierzchni żywiciela wpuszczając odgałęzienia w głąb. Przypomina to wyglądem jakby pajęczynę. Grzybnia ta rozmnaża się wegetatywnie za pomocą specjalnego rodzaju konidiów, tzw. o i d i ó w. Charakterystyczny jest ich sposób powstawania. Tworzą się one nie, jak zwykle konidia, na osobnych strzępkach, ale skutkiem rozpadu komórek grzybni na mniejsze komórki. Oidia tworzą mącznisty nalot na liściach, stąd też pochodzi nazwa mączniaków, nadana tym pasożytom. Na grzybni tworzą się drobne otocznie, zawierające pojedyncze lub nieliczne tylko worki (ryc. 239). Są one opatrzone charakterystycznymi dla poszczególnych form, odstającymi strzępkami — p r z y c z e p k a m i, które ułatwiają rozprzestrzenianie się tych grzybów. Jako przykłady można przytoczyć groźny pasożyt porzeczek i agrestu *Sphaerotheca mors uvae* przyniesiony z Ameryki, pasożyt chmielu z tego samego rodzaju *S. Humuli*, pasożyt traw *Erysiphe graminis* i inne.



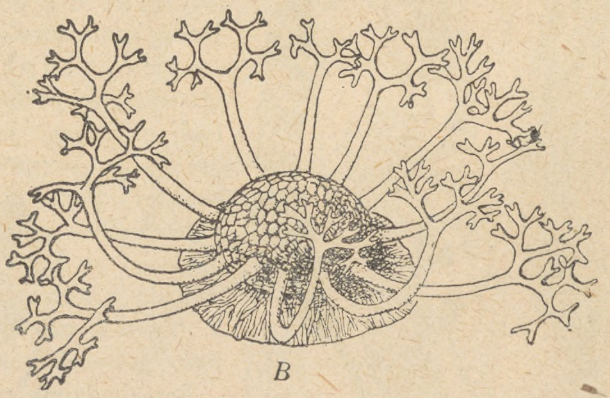
Ryc. 238. *A Peziza rutilans*. Owocniki. — *B* Smardz (*Morchella conica*). Owocnik w widoku i w przekroju. — Według L i n d a u a i S c h r ö t e r a

Przechodzimy teraz do jądrzaków (*Pyrenomycetes*). Jest to największa grupa workowców, licząca 10 tysięcy gatunków. Drugą z kolei jest omówiony poprzednio rząd miseczniaków — 4 tysiące gatunków. Otocznie jądrzaków tworzą się stosunkowo rzadko pojedynczo wprost z grzybni, jak to jest np. u żyjącej na nawozie *Podospora fimiseda* (ryc. 240). Powstają one najczęściej w skupieniach tkanki strzępkowej, mających różny kształt. Rozpatrzymy dwa przykłady: gruzłek i sporysz, oba pasożyty.

G r u z ł e k *[Nectria cinnabarina* (ryc. 241)] żyje na korze drzew powodując szkody w sadach. Z grzybni wyrastają drobne, okrągławe, czerwone owocniki, które wytwarzają obficie konidia. Po pewnym czasie wyrastają na powierzchni owocnika wystające otocznie.



A



B

Ryc. 239. Otocznie silnie powiększone różnych rodzajów rosy mącznej *(Erysiphaceae)*. *A Sphaerotheca Humuli.* — *B Microsphaera Berberidis.* — Według T u l a s n e'a

S p o r y s z *(Claviceps purpurea)* żyje na życie, czasem także na innych zbożach (ryc. 242). Obecność grzybni u żywiciela nie ujawnia się na zewnątrz w niczym, dopóki nie nastąpi kwitnienie. Wtedy na powierzchni zalążni ukazują się sploty strzępek wytwarzających konidia. Taka porażona zalążnia nie daje ziarna. Zawarta w niej grzybnia tworzy czarne, wydłużone, nieco zgięte ciało, wysuwające się spomiędzy plewek. Jest to p r z e t r w a l n i k złożony ze zwartej tkanki strzępkowej (zob. ryc. 15). Spada on na ziemię i na wiosnę wypuszcza liczne kuliste owocniki, osadzone na cienkich nóżkach. W zewnętrznej warstwie owocników tworzą się liczne otocznie. Worki zawierają nitkowate zarodniki, które porażają młode roślinki zbóż.

Z kolei opisać trzeba rząd b e z ł a d n i a k ó w *(Plectascales)*, którego kuliste owocniki, różnej wielkości, zawierają worki, bezładnie w środku rozrzucone. Najważniejsze z nich są formy o bardzo drobnych owocnikach, z silnie rozwiniętą grzybnią. Są to pleśnie z rodzaju k r o p i d l a k *(Aspergillus)* i p ę d z l a k *(Penicillium)*. Są one niezmiernie rozpowszechnione dzięki bardzo obfitemu wytwarzaniu konidiów na charakterystycznych strzępkach (zob. ryc. 19). Konidia te są rozrzucane przez prądy powietrza aż do stratosfery, gdzie były złapane w Ameryce podczas jednego z wzlotów. Konidia ze stratosfery okazały się żywe!

Pewne gatunki pędzlaka wytwarzają bardzo cenny nowy środek leczniczy — p e n i c y l i n ę.



Ryc. 240. *Podospora fimiseda.* Przekrój pionowy otoczni. — Według v o n T a v e l a




Ryc. 241. *Nectria cinnabarina.* — *A* Kawałek suchej gałęzi z owocnikami i otoczniami powiększony 10-krotnie. — *B* Przekrój owocnika z otoczniami w 20-krotnym powiększeniu. — Według T u l a s n e'a

Z kolei należy rozpatrzyć rząd t r u f l a k ó w *(Tuberales)*, stanowiący pewnego rodzaju odpowiednik wnętrzniaków między podstawczakami. Owocniki tych grzybów, zwykle podziemne, mają komory wyścielone warstwą worków ułożonych bezładnie. Przykładem może być trufla

*(Tuber rufum)*, u której zachodzi ta komplikacja, że wnętrze komór wypełnione jest splotami strzępek (ryc. 243). Owocniki jej są jadalne. Sławne są dla swojego aromatu trufle francuskie.

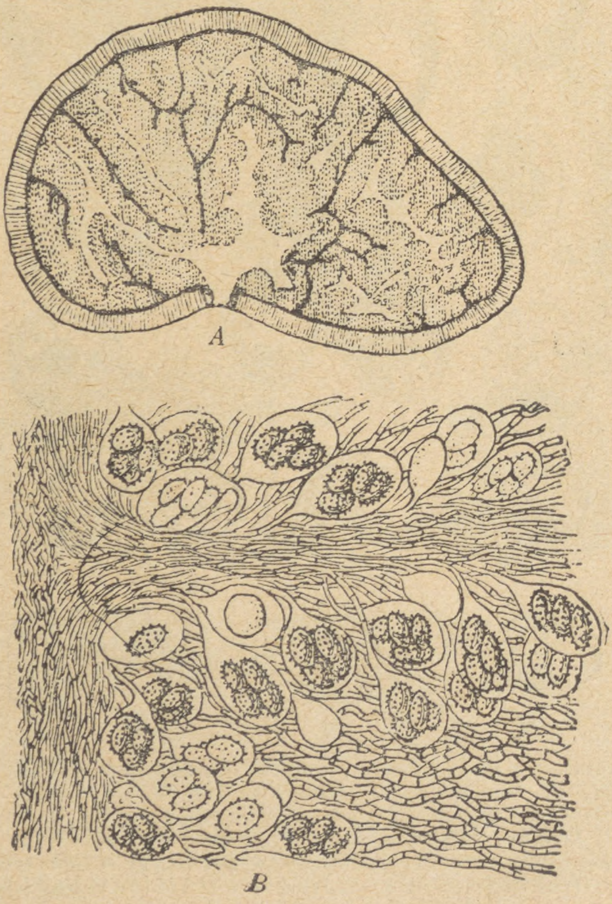
Ostatni wreszcie rząd, drożdżaki *(Saccharomycetes)*, stanowi wyjątkowe zjawisko nie tylko wśród workowców, ale i wśród grzybów




Ryc. 242. Sporysz *(Claviceps purpurea)*. — *A* Kłos żyta z przetrwalnikami. — *B* Porażona zalążnia. — *C* Przekrój zewnętrznej części zalążni z konidiami. — *D* Owocniki wyrastające z przetrwalników. — *E* Przekrój górnej kulistej części owocnika w powiększeniu. — *F* Pojedyncza otocznia silniej powiększona. — *G* Worek. — Według Lindau'a, Tulasne'a i Brefelda

w ogóle. Nie mają one strzępek złożonych z nitkowatych komórek. Komórki ich są owalne, jednojądrowe, łatwo oddzielające się od siebie (ryc. 244). W odpowiednich warunkach ilość ich szybko wzrasta przez pączkowanie: na komórce tworzy się wypukłość, która rozrasta się w pęcherzyk, połączony z komórką wąską szyjką, następnie jądro dzieli

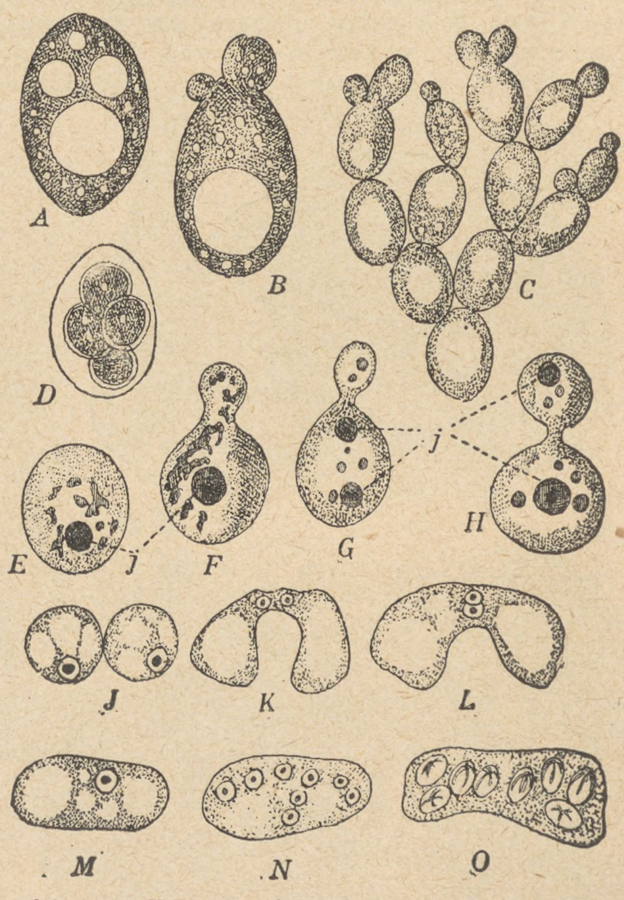
się i jedno z jąder potomnych przechodzi do pęcherzyka. Worki powstają zwykle bez zapłodnienia przez dwukrotny podział jądra, np. u drożdży piwnych. Rzadziej tworzenie się worków jest poprzedzone przez zapłodnienie, nie rozwleczone jednak — plazmogamia i kariogamia — odbywają się od razu. Rolę gamet odgrywają zwykłe komórki. Zygota staje się od razu workiem, w którym odbywają się podziały diploidalnego jądra i tworzy się osiem zarodników jak u typowych workowców.



Ryc. 243. Trufel (*Tuber rufum*). — *A* Przekrój owocnika w naturalnej wielkości; komory zaznaczone białą barwą. — *B* Część przekroju w silnym powiększeniu. — Według Tulasne'a

POKAZY. Worki najłatwiej jest zaobserwować na trufli. Są one jednak nietypowe, bo mają tylko 4 zarodniki. Pokaz pasożytów na spirytusowym materiale nie przedstawia trudności. Łatwy jest również pokaz żywych drożdży.

53a. GRZYBY NIEDOSKONAŁE *(Fungi imperfecti)* odznaczają się utratą płciowości. Rozmnażają się one tylko wegetatywnie za pomocą konidiów. Są to przeważnie uwstecznione workowce, u których, jak

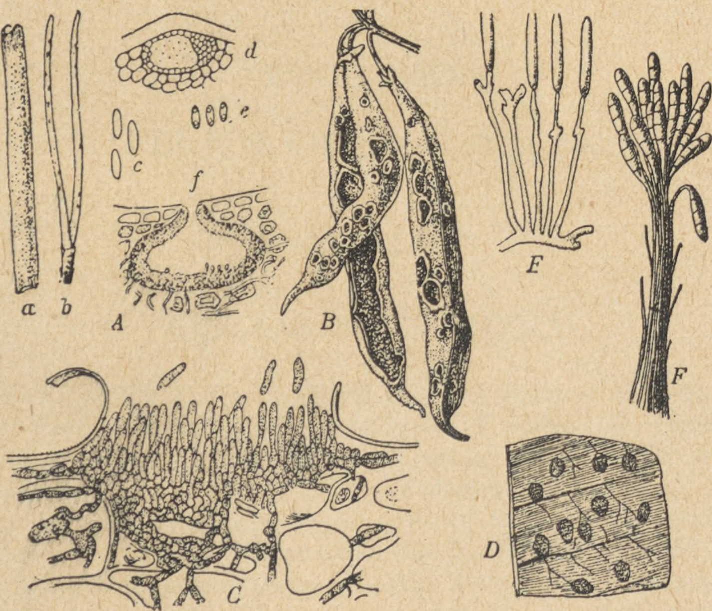



Ryc. 244. Drożdże. — A—H Drożdże piwne (Saccharomyces cerevisiae). — A—C Pączkowanie według świeżego materiału. Jasne plamy są to wodniczki. — *D* Worek. — *E—H* Pączkowanie według utrwalonego zabarwionego materiału dla uwidocznienia jąder *(j)*. — *J—O* Inny rodzaj drożdży *Schizosaccharomyces octosporus*. Zespalanie się dwóch komórek i tworzenie się zarodników w powstałym w ten sposób worku. — Według Luerssena, Reesa i Guillermonda

widzieliśmy, obfite wytwarzanie konidiów jest pospolitym zjawiskiem. Istnieją nawet przejścia między workowcami a grzybami niedoskonałymi. Na przykład w znanym już nam rodzaju kropidlak *(Aspergillus)* są gatunki nie tworzące owocników, a tylko charakterystyczne dla tego rodzaju skupienia konidiów w formie kropidła.

Grzyby niedoskonałe są bardzo liczne, jest ich co najmniej tyle, co workowców. Wśród nich mamy dużo pasożytów, których przykładem

może służyć bardzo szkodliwy pasożyt fasoli z rodzaju *Glocosporidium* (ryc. 245) albo liczne (ponad 200) gatunki rodzaju *Fusarium* powodujące gnicie kłębów ziemniaczanych, owoców itp. U niektórych gatunków tego ostatniego rodzaju stwierdzono tworzenie się worków. U *Glocosporidium* konidia tworzą się w gęstych skupieniach, u *Fusarium* są wytwarzane na rozproszonych, rozgałęzionych strzępkach. W pierwszym wy-




Ryc. 245. Grzyby niedoskonałe. — *A Phoma: a Ph. herbarum.* Porażona łodyga lucerny, *b Ph. acicola.* Porażone szpilki sosnowe, *c* to samo. Konidia, *d Ph. Arabidis alpinae.* Wklęsły zbiornik konidiów z częścią ścianki usuniętą, *e* to samo. Konidia, *f Ph. oleracea.* Przekrój zbiornika konidiów. — *B—C Gloeosporium Lindemuthianum.* — *B* Porażone strąki fasoli. — *C* Przekrój skupienia strzępek tworzących konidia. — *D—E Ramularia Cochleariae.* — *D* Kawałek liścia chrzanu z plamami wytworzonymi przez pasożyt. — *E* Konidia. — *F Arthrosporium albicans.* Pęk strzępek z konidiami. — Według Alleschera, Franka i Saccardo

padku są one jednokomórkowe, w drugim — wielokomórkowe, lekko zgięte. Rozpoznawanie grzybów niedoskonałych opiera się prawie wyłącznie na konidiach.

POKAZY grzybów niedoskonałych można przeprowadzić na spirytusowym materiale porażonych roślin.

CZĘŚĆ TRZECIA

# FIZJOLOGIA ROŚLIN

ROZDZIAŁ I

## OGÓLNE WIADOMOŚCI

54. PRZEJAWY ŻYCIA U ROŚLIN. Na pierwszy rzut oka rośliny robią, z powodu braku ruchów, wrażenie ciał martwych. Poruszają się one tylko wyjątkowo, bądź zmieniając swoje położenie, jak wiciowce, bądź poruszając liście, jak to czyni za dotknięciem mimoza. Dopiero bliższa obserwacja wykazuje, że są to istoty żyjące. I tak pod mikroskopem można stwierdzić, że protoplazma jest w ciągłym ruchu — są to jedyne ruchy, wspólne wszystkim roślinom. Dłuższa obserwacja wykazuje dalej, że pewne części roślin stopniowo powiększają swoje wymiary — jest to wzrost, zjawisko odbywające się tylko u istot żywych. Rośliny poza tym rozmnażają się, co jest także wyłączną właściwością istot żyjących. Za pomocą wreszcie odpowiednich doświadczeń i analizy chemicznej można stwierdzić, że rośliny pobierają z zewnątrz — z gleby i powietrza — pewne substancje, pokarmy, które przerabiają na inne, potrzebne im do życia. Ta przeróbka pokarmów nazywa się przyswajaniem albo asymilacją. Niezbędność pokarmów ujawnia się jaskrawo: Jeśli roślinę pozbawić bodaj jednego z nich — ustaje wtedy wzrost i prędzej czy później roślina zamiera. Stanie się to np. wtedy, jeżeli roślinę przykryć kloszem i zalać wokoło ziemię roztopionym woskiem. Będzie ona pozbawiona dostępu niezbędnego dla niej dwutlenku węgla z powietrza lub z gleby.

Na tym jeszcze nie koniec. Roślinom potrzeba, podobnie jak zwierzętom, energii. Zdobywają ją utleniając niektóre zawarte w nich substancje, podobnie jak maszyna parowa otrzymuje energię potrzebną do wykonywania pracy przez spalanie węgla. Jest to zjawisko oddychania. Można je pokazać na kiełkujących nasionach grochu — mimo wzrostu zmniejsza się w nich sucha masa, dopóki nie wytworzą się zielone liście,

które będą produkowały nowe substancje przyswajając dwutlenek węgla. Łatwo jest stwierdzić przy tym, że siewki wytwarzają duże ilości dwutlenku węgla, który powstaje jako jeden z produktów utleniania substancyj w roślinie. Zdobywanie energii może się odbywać jeszcze inaczej, o czym będzie mowa w odnośnym rozdziale tej książki.

Te różne przejawy życia stanowią przedmiot fizjologii roślin. Osobnym jej działem jest ekologia, zajmująca się życiem rośliny w przyrodzie tak, jak ono przebiega pod działaniem naturalnych czynników atmosferycznych i glebowych i we współzawodnictwie z innymi roślinami. Ekologia roślin musi uwzględniać także wpływ zwierząt, zarówno pożyteczny (zapylanie kwiatów), jak i szkodliwy (żerowanie). Ekologia ma duże znaczenie dla rolnictwa i ogrodnictwa, gdyż rośliny uprawne rosną zwykle w warunkach naturalnych, daleko rzadziej w sztucznym otoczeniu (w szklarniach, inspektach).

Z przytoczonego powyżej przeglądu zjawisk życiowych roślin wypływa podział fizjologii na 4 działy.

Pierwszy z nich — odżywianie roślin zajmuje się zjawiskami pobierania i przerabiania pokarmów. W ścisłym związku z nimi pozostają zagadnienia zaopatrywania rośliny w energię, co odbywa się zwykle przez oddychanie. Zagadnienia te, jakkolwiek odrębne, można włączyć do fizjologii odżywiania, gdyż zjawiska energetyczne są ściśle związane z chemicznymi.

Drugi dział — to fizjologia wzrostu rozwoju roślin.

Związany z nimi jest trzeci dział — zmienność, ewolucja i dziedziczność.

Czwartym działem fizjologii roślin — jest fizjologia ruchów, dział bardzo szczupły wobec tego, że ruchy u roślin są zjawiskiem wyjątkowym.

ROZDZIAŁ II

# ODŻYWIANIE ROŚLIN

55. SKŁAD CHEMICZNY ROŚLIN. Każda roślina zawiera wielkie ilości wody, które można usunąć dopiero przez suszenie w temperaturze 100°. Najmniej zawierają jej dojrzałe nasiona (12—15%), najwięcej glony (do 96%). Średnio zawartość wody wynosi około 2/3 wagi rośliny (drewno 50%, młode pędy 70—80%).

Sucha masa rośliny składa się przeważnie z substancji organicznych. Są w niej jednak także substancje mineralne, gdyż po spaleniu zostaje zawsze pewna ilość popiołu. Stanowią one w nasionach 2—4% suchej masy, w pędach 10—20%, dochodząc do 50% u roślin soczystych w rodzaju kaktusów. Wyjątkowo ta ilość wzrasta jeszcze bardziej, a mianowicie u morskich krasnorostów z rodzaju *Lithothamnion* i pokrewnych, u których błony są tak silnie inkrustowane węglanem wapnia, że stają się twarde jak kamień. Tworzą się z nich skały wapienne.

Substancje organiczne w roślinach są bardzo różne. Obok występujących we wszystkich roślinach albo przynajmniej w ogromnej ich większości związków takich, jak cukry, skrobia, ciała białkowe, celuloza, znajdujemy w niektórych roślinach związki specjalne, im tylko właściwe, jak np. opium w maku, nikotynę w tytoniu.

Jako konkretny przykład składu chemicznego roślin można przytoczyć wyniki kilku analiz. W nich pod nazwą ekstraktu należy rozumieć wszystkie substancje bezazotowe dające się wydzielić przez gotowanie w wodzie, a więc cukry, skrobię, substancje pektynowe, kwasy organiczne itp. (tabl. I).

TABLICA I

| | Pędy kwitnącej lucerny | Korzenie buraków cukrowych | Ziarna żyta |
|---|---|---|---|
| Woda . . . . . . | 76,0% | 87,7% | 13,4% |
| Ciałka białkowe . . . | 3,9 | 1,3 | 11,5 |
| Tłuszcze . . . . . | 0,8 | 0,0 | 1,7 |
| Ekstrakt . . . . . | 9,3 | 8,7 | 69,5 |
| Substancje błon komórkowych . | 7,8 | 1,1 | 1,9 |
| Substancje mineralne (popiół) . | 2,2 | 1,2 | 2,0 |

Po przeliczeniu na suchą masę otrzymamy następujące wartości % (tabl. II).

TABLICA II

| | Pędy kwitnącej lucerny | Korzenie buraków cukrowych | Ziarna żyta |
|---|---|---|---|
| Białka . . . . . | 16,3% | 10,6% | 13,2% |
| Tłuszcze . . . . . | 3,3 | 0,0 | 2,0 |
| Ekstrakt . . . . . | 38,7 | 70,7 | 80,3 |
| Błony . . . . . | 32,5 | 8,9 | 2,2 |
| Popiół . . . . . | 9,5 | 9,8 | 2.3 |

Skład błon komórkowych jest w tych tabelach podany bez substancji mineralnych i bez pektyny. Wchodzą weń głównie celuloza, hemiceluloza i lignina. Jako przykład można przytoczyć słomę żytnią, w której błony zawierają 52% celulozy, 28% hemicelulozy i 20% ligniny.

Przy rozpatrywaniu czynności życiowych roślin trzeba określić nie tylko charakter chemiczny substancji, ale i ich stan fizyczny. Z tego punktu widzenia dzielimy substancje na krystaloidy i koloidy. Krystaloidy mają małe drobiny i przeto łatwo przenikają przez błony. Nazwa ich pochodzi od zdolności łatwej krystalizacji. Koloidy mają drobiny duże i nie przenikają przez błony. Nazwa ich pochodzi od łacińskiego wyrazu colla — klej, który do nich należy. Nie krystalizują one wcale albo tylko w pewnych warunkach. Do krystaloidów należą cukry, sole itp., do koloidów — ciała białkowe, skrobia itp.

Należy poza tym klasyfikować substancje według ich roli w życiu rośliny. Dzielimy je więc na substancje budujące, robocze i zapasowe. Pierwsze z nich stanowią stałe składniki rośliny, np. ciała białkowe, stanowiące główny składnik protoplazmy i jądra oraz celuloza budująca błonę. Substancje robocze służą do wytwarzania ciał pierwszej kategorii oraz do zaopatrywania rośliny w energię przez utlenianie w procesie oddychania. Należą tu przede wszystkim proste cukry, jak glukoza, o wzorze $C_6H_{12}O_6$. Te substancje muszą mieć małe drobiny, by mogły łatwo poruszać się w roślinie. Wreszcie substancje zapasowe są gromadzone na zapas i w razie potrzeby przetwarzane w substancje robocze. Muszą one być zatrzymywane wewnątrz komórek, dlatego też są nierozpuszczalne, jak tłuszcze i skrobia albo mają duże drobiny jak sacharoza ($C_{12}H_{22}O_{11}$), która wprawdzie przechodzi przez błony komórkowe, ale będąc rozpuszczalna w soku komórkowym, nie przenika przez protoplazmę. Przez błony mchów zresztą ona nie przenika. Powyższa klasyfikacja składników rośliny nie obejmuje wielu substancji takich jak nikotyna albo żywica. Rola ich bowiem w życiu rośliny nie jest dokładnie wyjaśniona.

56. ŚRODOWISKO WODNE ROŚLINY. Widzieliśmy w poprzednim ustępie, że, średnio biorąc, 2/3 masy rośliny stanowi woda. Przenika ona wszystkie jej części, między innymi błony komórkowe, a ponieważ te ostatnie stykają się ze sobą, woda w roślinie stanowi pewną całość. Całość ta jest silnie zwarta, bo drobiny wody trzymają się mocno jedna drugiej dzięki działaniu ogromnych sił przyciągających, tzw. sił spójności. Siły te są tak wielkie, że dla rozerwania słupa wody o przekroju *1 cm²* trzeba siły ponad *150 kg*. Na pozór wydaje się to dziwne, gdyż woda da się dzielić z łatwością na części, nawet na krople. Tłumaczy się to tym, że siły spójności nie hamują ruchów ślizgowych, przy których drobiny cieczy przesuwają się obok siebie zachowując tę samą odległość. Skutkiem tego, jeżeli strumień wody łatwo się przerywa, to dzieje się to przez przewężenie, któremu siły spójności nie stawiają żad-

nego oporu. Drobiny cieczy odrywają się wprawdzie w końcu, ale to następuje dopiero wtedy, kiedy strumień zwęzi się do tego stopnia, że łączność dolnej jego części z górną będzie utrzymywana przez nieliczne drobiny. Wtedy nie trzeba wielkiej siły, by dokonać rozerwania, wystarczy ciężar dolnej części strumienia. Ślizgowe ruchy drobin cieczy sprawiają, że trudno jest wykazać doświadczalnie wielkie natężenie sił spójności. Pewne pojęcie o nich daje jednak bardzo proste doświadczenie: wystarczy spróbować oderwać od siebie dwie zwilżone tafle szklane. Ślizganie się drobin nie jest przy tym całkowicie usunięte, a jednak do oderwania tafli trzeba dużego wysiłku.

W roślinie zjawiska spójności wody nie są maskowane przez ruchy ślizgowe, gdyż powstrzymują je s i ł y p r z y l e g a n i a. Jest to przyciąganie drobin cieczy przez drobiny ciał stałych, z którymi stykają się ciecze. Woda styka się tu z błonami komórkowymi. W tym wypadku siły przylegania są większe od sił spójności, na co wskazuje zwilżenie błon komórkowych. Dlatego te słupy wody w naczyniach nie przewężają się przy napinaniu ich, tak jak to się dzieje w wolnym strumieniu i przeto nie rozrywają się nawet przy dużych napięciach, jakie występują często w drzewach. To samo powoduje, że przy utracie wody przez parowanie zawartość komórki, kurcząc się, trzyma się mocno błony komórkowej dotąd, dopóki komórka żyje. Błona przy tym, jeżeli jest słaba, ulega pofałdowaniu.

Siły spójności, przyciągające do siebie drobiny wody, powodują, że każde przemieszczenie wody w jednej komórce pociąga za sobą przesunięcia jej w innych. Ruchy wody w poszczególnych częściach rośliny są przeto w ścisłej wzajemnej zależności.

Znaczenie wody dla rośliny polega na tym, że odbywają się w niej wszystkie procesy życiowe. Mogą one przebiegać w sposób normalny tylko wtedy, jeżeli to środowisko jest w stanie normalnym, to znaczy jeżeli roślina jest należycie nasiąknięta wodą. Jeżeli tak nie jest, pobieranie pokarmów, przyswajanie ich, wzrost, a co za tym idzie i inne procesy życiowe są zahamowane. W pewnej nieznacznej części służy woda zresztą także jako pokarm, a mianowicie przy asymilacji dwutlenku węgla. W procesie tym z $CO_2$ i wody wytwarza się cukier o wzorze $C_6 H_{12} O_6$.

57. GOSPODARKA WODNA ROŚLINY. Wobec podstawowego znaczenia dla roślin ich wodnego środowiska, rośliny lądowe, z których woda ciągle wyparowuje, muszą te straty uzupełniać szybko przez pobieranie wody z gleby i jej przeprowadzanie do wyższych części pędów. Zjawia się w ten sposób zagadnienie gospodarki wodnej, które zwłaszcza w ekologii odgrywa ważną rolę. Trzeba tu posługiwać się b i l a n s e m w o d n y m, czyli różnicą między ilością wody pobranej a straconej. Jeżeli bilans just ujemny, to zawartość wody w roślinie zmniejsza się. Tak się dzieje w dnie pogodne. Na przykład, porównując zawartość

wody w liściach o wschodzie słońca i o godzinie 14½, pewnego dnia lipcowego w kulturach na poleskim torfowisku Czemerne stwierdzono następujące ubytki wody średnio w % zawartości o wschodzie słońca:

| | |
|---|---|
| Ziemniaki . . . . . | 19.6 |
| Koniczyna czerwona . . . | 20.4 |
| Kupkówka . . . . . | 24.5 |
| Koniczyna szwedzka . . . | 26.2 |
| Wiechlina błotna . . . . | 38.0 |

Ten ubytek wody w ciągu dnia jest powodowany przez silne parowanie (transpirację), które zachodzi w godzinach południowych. Jest ono tak silne, że roślina nie może nadążyć w dostarczaniu wody liściom. Ku wieczorowi parowanie słabnie i bilans staje się dodatni. Wtedy zawartość wody w roślinach zwiększa się i rano zawierają one maksymalną ilość wody.

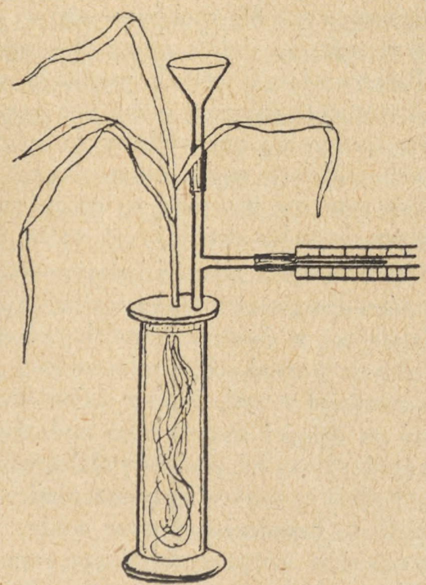
Jeżeli bilans ujemny trwa zbyt długo, roślina może stracić tyle wody, że uschnie. Są jednak rośliny, przeważnie niższe (mchy, porosty), które wytrzymują bez szkody nawet bardzo znaczne wysychanie.

Zagadnienie gospodarki wodnej jest tak ważne, że trzeba rozpatrzyć osobno czynności rośliny z nią związane, mianowicie pobieranie wody z gleby, przewodzenie jej i wyparowywanie.

58. POBIERANIE WODY PRZEZ ROŚLINY. Rośliny pobierają wodę z gleby za pomocą korzeni. Tylko niższe rośliny (mchy, porosty) oraz niektóre tropikalne rośliny naczyniowe pobierają wodę przez liście. Do tej czynności korzenie są doskonale przystosowane. Rosną one nieustannie skierowując się dzięki hygrotropizmowi (o czym będzie mowa niżej) do wilgotniejszych miejsc w glebie. U drzew rosną one nieraz nawet w zimie. Ich powierzchnia pochłaniania jest znacznie powiększona przez włośniki (np. u kukurydzy 5-krotnie, u jęczmienia nawet 12-krotnie). Mimo to nie mogą one pobrać całkowicie wody glebowej. Pewna część tej wody jest niedostępna dla korzeni, a to tym większa, im gleba jest bardziej drobnoziarnista. Jest to wskutek przylegania wody do cząsteczek gleby. Gleba drobnoziarnista ma większą ogólną powierzchnię tych cząsteczek i przeto więcej wody do nich przylega.

Pobieranie wody jest czynnością żywych komórek korzeni. Nic tedy dziwnego, że czynniki niesprzyjające życiu hamują tę czynność. I tak niska temperatura działa ujemnie. Stwierdzono to za pomocą przyrządu, zwanego p o t e t o m e t r e m (ryc. 246). Do doświadczenia używa się roślin wyhodowanych w wodzie, co doskonale udaje się, jeżeli do wody dodać odpowiednich soli. Dolną część rośliny z korzeniami umieszcza się w walcu z wodą, umocowując ją w korku z odpowiednim wycięciem zamykającym ten walec. Przez korek przechodzi nadto rurka w kształcie litery *T*, połączona rurkami gumowymi z poziomą rurką oraz z lejkiem służącym do wypełniania jej wodą. Ilość pobranej przez roślinę wody

oznacza się według przesunięcia słupka wody w poziomej rurce. Okazało się, że oziębienie wody od 20° do 0° C powoduje zmniejszenie ilości pobranej wody, dochodzące np. u jesiona do 83%. Wynosi ono m. in. u topoli czarnej 5, u lipy 17, u jodły 25, u dębu 37, u buka do 50%. Niestety, nie ma takich pomiarów dla roślin rolniczych. Tylko rośliny wysokogórskie i arktyczne, przystosowane do zimna, są mało wrażliwe, np. wierzba lapońska *(Salix lapponum)*, rosnąca także w Polsce (na torfowiskach) wykazuje przy oziębianiu od 20° do 0° nawet powiększenie pobierania wody przez korzenie o 2,5%. Co prawda, nasza kalina także pobiera więcej wody w tych warunkach, mianowicie o 3%, ale takich roślin jest mało.



Ryc. 246. Potetometr. — Wg Josta

Hamuje pobieranie wody przez korzenie także brak tlenu, niezbędny dla życia komórek korzeniowych. Dlatego wiele roślin nie może rosnąć na podmokłych, słabo przewietrzanych glebach, a w kulturach wodnych trzeba często wdmuchiwać powietrze do wody, w której mieszczą się korzenie. Tu znowu mamy wyjątki, np. ryż doskonale rośnie na zalanych wodą tropikalnych polach.

59. PRZEWODZENIE WODY W PĘDACH. Woda, pobrana przez korzenie, jest przewodzona w pędach nieraz do znacznej wysokości, jak o tym świadczy wysokość drzew, dochodząca u naszej jodły do 55, u kalifornijskiej sekwoi do 90, a u australijskich eukaliptusów do 120 metrów. Przewodzenie odbywa się przez naczynia.

W czynności tej biorą pewien udział korzenie wytwarzając tzw. p a r c i e k o r z e n i o w e. Wypychają one pobraną wodę do naczyń w pędach z pewną siłą, którą można zmierzyć ścinając pęd i nasadzając na dolną część rurkę z manometrem. Parcie korzeniowe ujawnia się także w wydzielaniu na wiosnę z gałęzi drzew po zranieniu, np. brzozy, słodkiego soku, tzw. o s k o ł y. Wydzielanie takiego soku nie zawsze jednak jest powodowane przez parcie korzeniowe, na przykład z nadciętych kwiatostanów palmy kokosowej wydziela się słodki sok służący do wyrobu wina palmowego, ale woda nie wychodzi ze ściętego pnia.

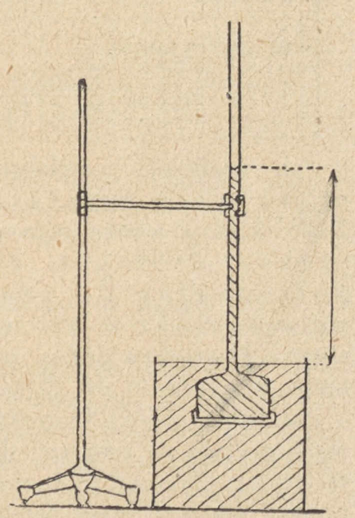
Parcie korzeniowe jest silniejsze u drzew niż u roślin zielnych. Obserwowano u petunii ciśnienie 7 *mm* rtęci, u pokrzywy do 462 *mm*, nato-

miast u łozy winnej do 1620, a u amerykańskiej brzozy nawet 1924 *mm* rtęci, co się równa 2½ atmosfery. Takie parcie mogłoby zatem podnieść wodę na wysokość 25 metrów, gdyby ruch wody nie napotykał żadnego oporu. Jest to nie wystarczające dla wysokich drzew. Znaczenie parcia korzeniowego dla ruchów wody w roślinach maleje jeszcze bardziej skutkiem tego, że działa ono tylko wtedy, jeżeli gleba jest silnie zwilżona. Dlatego właśnie oskoła wydziela się z drzew tylko na wiosnę, kiedy po stopieniu śniegów gleba jest bardzo wilgotna. Toteż głównym motorem, poruszającym wodę w roślinie, jest siła ssąca komórek w górnych częściach pędu, która ciągnie do góry wodę w naczyniach. Woda przy tym nie rozrywa się dzięki ogromnym siłom spójności przyciągającym do siebie drobiny, jak to już było podane poprzednio.

Trzeba teraz wyjaśnić wspomniane zjawisko siły ssącej. Jest ona powodowana przez znane nam już z ust. 2 ciśnienie osmotyczne działające w żywych komórkach. Występuje ono tylko w pewnych specjalnych warunkach, a mianowicie, jeżeli roztwór jakiejś substancji będzie pozostawał w zetknięciu z ciałem stałym, nasiąkniętym rozpuszczalnikiem, zaś po drugiej stronie tego ciała będzie się znajdował ten sam rozpuszczalnik czysty lub podobny słabszy roztwór. Dla uproszczenia przyjmiemy, że będzie to czysty rozpuszczalnik — w przypadkach, z jakimi będziemy mieli do czynienia, zawsze woda. W praktyce wspomniane ciało stałe, nasiąknięte rozpuszczalnikiem, ma zawsze nieznaczną grubość, przeto będziemy je nazywali błoną. Otóż, jak tego uczy fizyka, drobiny ciał wykonują bezładne ruchy, tzw. molekularne. W gazach odbywają się one zupełnie swobodnie w liniach prostych, krępowane tylko przez ciągłe zderzenia drobin ze sobą. W cieczach dzieje się to nieco inaczej z powodu działania sił spójności. Drobiny nie mogą oddalać się od siebie i wobec tego ślizgają się jedna obok drugiej, poza tym jednak poruszają się swobodnie. Najbardziej skrępowane są ruchy molekularne w ciałach stałych, gdzie drobiny poruszają się tylko ruchem wahadłowym naokoło stałego położenia równowagi. Ruchy molekularne są oczywiście także wykonywane m. in. przez drobiny rozpuszczonego w roztworze ciała. Napotykając na swojej drodze błonę, uderzają one w nią. Ponieważ uderzenia są częste, skutek ich jest taki, jak gdyby działało stałe ciśnienie. Tworzy się ciśnienie osmotyczne, którym się zajmiemy.

Ciśnienie osmotycznie nie występuje, jeżeli roztwór styka się z błoną nie przepuszczającą rozpuszczalnika, np. jeżeli wodny roztwór cukru będzie wlany do szklanego naczynia. Powodują to siły spójności cieczy, które będą wciągały w głąb roztworu cząsteczki ciała rozpuszczonego, skoro one zbliżą się do ścianek naczynia. Cząsteczki nie będą przeto w nie uderzały. Natomiast w pobliżu błony, nasiąkniętej rozpuszczalnikiem, będą one poruszały się swobodnie, ciągnione przez drobiny rozpuszczalnika, znajdujące się w błonie, w jedną stronę, a przez drobiny roztworu w przeciwną.

Ciśnienie osmotyczne można łatwo pokazać za pomocą doświadczenia Dutrocheta. W tym celu bierzemy rurkę z lejkiem i obwiązujemy lejek pęcherzem albo papierem pergaminowym (ryc. 247). Do rurki nalewamy roztworu cukru lub soli, trzymając ją lejkiem w dół. Następnie zanurzamy lejek do naczynia z wodą i umocowujemy rurkę w położeniu pionowym. Po pewnym czasie zauważymy, że ciecz w rurce będzie się podnosiła, co świadczy o ciśnieniu osmotycznym, działającym na błonę zamykającą lejek. Wynika to z trzeciego prawa mechaniki, według którego, jeżeli ciało działa na jakieś inne, wówczas to drugie ciało działa na pierwsze z siłą równą i skierowaną w przeciwną stronę. W naszym doświadczeniu ciecz w rurce ciśnie na błonę w dół i wobec tego błona działa z równą siłą do góry na ciecz. Ta siła dzięki spójności cieczy wciąga wodę przez błonę do rurki. Nawiasem mówiąc, doświadczenie Dutrocheta ma tę wadę, że rozpuszczalna substancja przenika przez błonę do wody i w ten sposób wytwarza się po drugiej stronie błony roztwór, który powoduje ciśnienie osmotyczne działające na błonę do góry. To przeciwdziałanie będzie z biegiem czasu coraz silniejsze, w miarę przenikania przez błonę coraz większych ilości rozpuszczonej substancji. Skutkiem tego ciecz w rurce będzie się z początku podnosiła, a potem, po osiągnięciu pewnego poziomu, zacznie spadać.



Ryc. 247. Doświadczenie Dutrocheta dla pokazania ciśnienia osmotycznego. Rurka zawiera roztwór, naczynie zaś wodę. Różnica poziomów *h* jest miarą ciśnienia osmotycznego działającego na błonę

W komórkach roślinnych spełnione są wszystkie warunki potrzebne do wytworzenia ciśnienia osmotycznego. Jest w nich roztwór — sok komórkowy. Styka się on z błoną, której rolę gra protoplazma, ściślej mówiąc, jej zewnętrzna warstwa, zwana błoną protoplazmatyczną. Ta ostatnia styka się po drugiej stronie z wodą, którą jest nasiąknięta błona komórkowa. Ponieważ protoplazma jest wiotka, ciśnienie osmotyczne ją rozpiera i przyciska do błony komórkowej. W ten sposób działanie ciśnienia osmotycznego zostaje przeniesione na błonę komórkową, która rozciąga się i napina. Komórka przeto nabywa sztywności na podobieństwo opony samochodowej. Sztywność ta znika, jeżeli komórka straci dużo wody przez wyparowywanie. Protoplazma wtedy kurczy się i napięcie błony słabnie. Zachodzi to przy więdnięciu rośliny, kiedy pędy i liście tracą sztywność i zwieszają się w dół pod własnym ciężarem. Protoplazma przy tym nie odrywa się od błony, bo jest trzymana siłami przylegania.

Chcąc zbadać dokładnie ciśnienie osmotyczne, trzeba poznać bliżej ruch molekularny. Jest on nieprawidłowy skutkiem ciągłych zderzeń drobin, lecz niezupełnie bezładny. Jeżeli mianowicie będziemy rozpatrywali ruchy wielu drobin razem, to okaże się, że wszystkie kierunki występują równie często i średnia energia kinetyczna drobin jest wielkością stałą, niezależną od natury drobin, ich wielkości i masy, zależną tylko od temperatury.

Zależność średniej energii kinetycznej drobin od temperatury jest tego rodzaju, że podniesienie jej o 1° powoduje zwiększenie o 1/273 tej energii, jaką drobiny miały przy 0° C. Wobec tego, jeżeli energię przy 0° C oznaczymy przez $E_0$, a przy temperaturze t przez $E^t$, to będziemy mieli równanie:

$$E_t = E_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right)$$

Stąd otrzymamy:

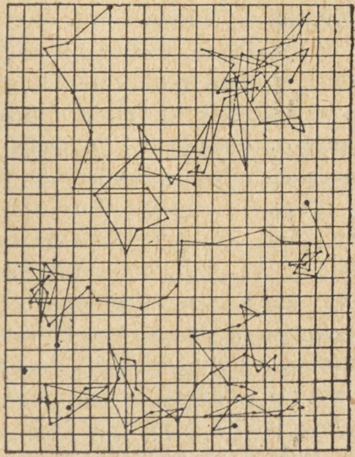
$$E_t = E_0 \frac{273 + t}{273}$$

Jak wiadomo, temperatura mierzona według skali Celsjusza nazywa się temperaturą bezwzględną, jeżeli się do niej doda 273°. Można wobec tego powiedzieć, że średnia energia kinetyczna drobin w ruchu molekularnym jest proporcjonalna do temperatury bezwzględnej. Z powyższego wynika, że przy temperaturach, w których żyją rośliny, średnia energia kinetyczna drobin zmienia się nieznacznie, np. przy podniesieniu temperatury od 0° do 30° C wzrasta o 11%.

Zależność energii kinetycznej drobin w ruchu molekularnym od ich masy pociąga za sobą ten skutek, że poruszają się one tym wolniej, im są cięższe. Wynika to z określenia energii kinetycznej, która mierzy się połową iloczynu masy przez kwadrat szybkości. Skoro ten iloczyn ma być stały, to przy większej masie szybkość musi być mniejsza. Na przykład przy 0° C szybkość drobin wodoru wynosi 1 692 *m/sek.* Wobec tego nie trudno obliczyć, że drobiny cukru trzcinowego, 171 razy cięższe od drobin wodoru, poruszają się w roztworze ze średnią szybkością 136 *m/sek.*, cząsteczki skrobi mające masę około 50000 razy większą, będą się poruszały w roztworze tej substancji, tzw. klajstrze, z szybkością 10.7 *m/sek.* Drobiny ciał białkowych o większych jeszcze masach będą się poruszały jeszcze wolniej itd.

Z powodu małych rozmiarów drobin ruchy molekularne tylko wyjątkowo mogą być bezpośrednio obserwowane w mikroskopie. Do tego trzeba nie tylko stosunkowo dużych rozmiarów drobin, ale również silniejszego odbijania przez nie światła. Takie widzialne ruchy molekularne noszą nazwę ruchów Browna, tak zwanych na cześć angielskiego botanika Roberta Browna, który pierwszy je zauważył. Mo-

żna je łatwo obserwować przy użyciu silnego obiektywu na cząsteczkach tuszu. Ruch taki wydaje się nieprawidłowy. O jego charakterze daje pojęcie ryc. 248, w której są zaznaczone położenia trzech drobin w odstępach półminutowych. Kolejne położenia cząsteczek są połączone prostymi liniami. Nie znaczy to jednak, by te drogi były przebywane po liniach prostych, przeciwnie — są one tak samo nieprawidłowe jak zaznaczony ogólny przebieg. Obserwowanie ruchów B r o w n a zostało ogromnie ułatwione przez wynalezienie u l t r a m i k r o s k o p u. Jest to mikroskop z bocznym oświetleniem. Pole widzenia w nim jest ciemne, oświetlone są tylko drobiny i inne cząsteczki pływające w cieczy. Taki sposób oświetlenia umożliwia dostrzeżenie słabo odbijających światło, drobniejszych cząsteczek, tak jak promień słońca, wpadający do ciemnego pokoju, uwidocznia cząsteczki kurzu unoszące się w powietrzu.



Ryc. 248. Kolejne położenie cząsteczek wykonujących ruchy B r o w n a, notowane co pół minuty. — Według P e r r i n a

Dzięki ruchom B r o w n a udało się prawa ruchu molekularnego, ustalone początkowo w formie hipotezy, sprawdzić przez bezpośrednią obserwację.

Poznawszy bliżej charakter ruchu molekularnego, możemy teraz wrócić do zagadnienia ciśnienia osmotycznego. Wiemy już, że jest on powodowany przez bombardowanie błony drobinami rozpuszczonej substancji. Zdarza się przy tym, zwłaszcza jeżeli substancja jest koloidalna, że drobiny łączą się po kilka lub nawet więcej w cząsteczki, które zachowują się jak pojedyncze drobiny. Spotyka się także przypadek odwrotny, kiedy drobiny soli, kwasów i zasad, czyli tzw. e l e k t r o l i t ó w, rozpadają się częściowo na drobniejsze cząsteczki naładowane elektrycznością, tzw. j o n y. Cząsteczki takie, mniejsze od drobin, wykonują również ruchy molekularne. Dlatego też w dalszym ciągu będziemy mówili nie o drobinach rozpuszczonej substancji, lecz o cząsteczkach, nie określając bliżej ich natury.

Na podstawie przytoczonych danych nie trudno zrozumieć, że w i e l k o ś ć c i ś n i e n i a o s m o t y c z n e g o z a l e ż y o d c z ę s t o ś c i u d e r z e ń c z ą s t e c z e k r o z p u s z c z o n e j s u b s t a n c j i o b ł o n ę i o d s i ł y t y c h u d e r z e ń. Częstość uderzeń będzie oczywiście zależała od tego, ile cząsteczek będzie w danej chwili w pobliżu błony. Cząsteczki znajdujące się dalej nie będą grały żadnej roli, bo, zanim dojdą do błony, napotkają na swojej drodze inne cząsteczki i, zderzywszy się z nimi, zmienią kierunek. Ilość cząsteczek przy błonie będzie ró-

wnież zależna od zagęszczenia roztworu, które mierzy się jego koncentracją molekularną, czyli ilością cząsteczek rozpuszczonej substancji w jednostce objętości roztworu, np. w jednym litrze. Dochodzimy do wniosku, że ciśnienie osmotyczne powinno być proporcjonalne do koncentracji molekularnej roztworu.

W praktyce, wobec nieuchwytności cząsteczek, oznacza się tę koncentrację w gramodrobinach na litr. Gramodrobina, zwana inaczej molem, jest to tyle gramów danej substancji, ile jednostek jest w ciężarze drobinowym substancji. Ten ciężar oblicza się z łatwością za pomocą ciężarów atomowych, jeżeli jest znany skład drobiny. Mnoży się w tym celu ciężary atomowe przez odnośne liczby atomów i dodaje się iloczyny. Na przykład dla cukru trzcinowego, który ma drobinę o składzie $C_{12}H_{22}O_{11}$, będziemy mieli: $(12 \times 12) + (1 \times 22) + (16 \times 11) = 342$. Użycie w omawianym przypadku ilości moli zamiast ilości cząsteczek opiera się na tym, że mol każdej substancji zawiera taką samą ilość drobin, a mianowicie około $68 \times 10^{22}$. Ilość ta nosi nazwę „liczby Avogadro", nazwanej tak na cześć włoskiego fizyka tego nazwiska. Naturalnie trzeba przy tym brać dodatkowo pod uwagę ewentualne łączenie się drobin w większe cząsteczki albo rozpadanie się ich na mniejsze w elektrolitach. Nie zachodzi to w roztworach cukru trzcinowego i dlatego te roztwory najlepiej nadają się do wszelkich badań nad ciśnieniem osmotycznym.

Częstość uderzeń cząsteczek o błonę zależy jeszcze od własności błony, mianowicie od przepuszczalności jej w stosunku do rozpuszczonej substancji. Jeżeli błona jest w pewnej mierze przepuszczalna, to niektóre cząsteczki przez nią przejdą zamiast tego, by w nią uderzyć. Częstość uderzeń zmniejszy się więc tym bardziej, im bardziej przepuszczalna jest błona. Wtedy naturalnie wystąpi obniżenie ciśnienia osmotycznego nawet, jeżeli będziemy utrzymywali koncentrację roztworu bez zmiany. Tym bardziej nastąpi to, jeżeli roztwór pozostawimy samemu sobie, jak w doświadczeniu Dutrocheta — kiedy rozpuszczona substancja uchodzi stopniowo przez błonę i koncentracja roztworu powoli maleje.

Przepuszczalność błon jest zagadnieniem bardzo ważnym dla fizjologii. Jeżeli chodzi o komórkę roślinną, to dla koloidów wszystkie jej części są nieprzepuszczalne skutkiem dużych wymiarów cząsteczek tych substancji. Dla krystaloidów, substancji o małych cząsteczkach, takich jak cukry i sole, błona komórkowa jest łatwo przepuszczalna — nawet dla takich, stosunkowo dużych drobin, jak cukru trzcinowego, złożonych z 45 atomów. Wyjątek stanowią mchy, których błona nie przepuszcza drobin tego cukru. Inaczej zachowuje się błona protoplazmatyczna: jest ona trudno przepuszczalna nawet dla małych drobin soli mineralnych i ich jonów, a dla cukru trzcinowego jest zupełnie nieprzepuszczalna.

Dla dokończenia tych rozważań nad ciśnieniem osmotycznym trzeba jeszcze rozpatrzeć siłę uderzeń cząsteczek rozpuszczonej substancji

o błonę. Siła ta jest proporcjonalna do energii kinetycznej cząsteczek. Wobec tego ciśnienie osmotyczne jest proporcjonalne do temperatury bezwzględnej.

Teoretyczne obliczenia ciśnienia osmotycznego były porównywane z faktycznymi pomiarami i okazały się zgodne z nimi dla roztworów rozcieńczonych. Przy roztworach stężonych wystąpiły różnice wynikające z działania sił spójności, przyciągających do siebie cząsteczki rozpuszczonej substancji, kiedy się one zbliżają do siebie. Dla roztworów rozcieńczonych, w których cząsteczki są oddalone od siebie, te działania są słabe i mogą nie być brane pod uwagę, tak jak to zrobiliśmy w wyłożonej powyżej teorii ciśnienia osmotycznego.

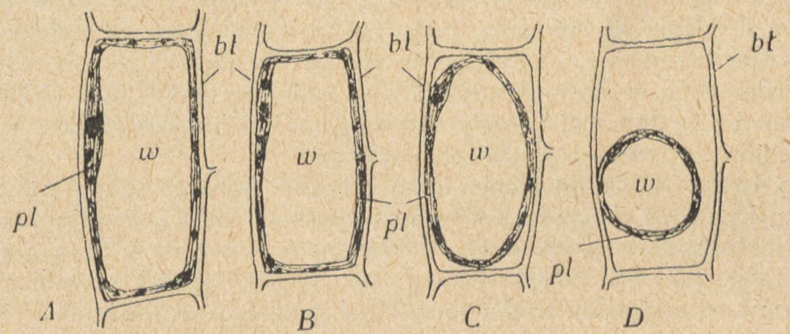
Do bezpośrednich pomiarów ciśnienia osmotycznego potrzebna jest błona, która nie przepuszczałaby rozpuszczonej substancji przepuszczając jednocześnie rozpuszczalnik. Takie błony noszą nazwę półprzepuszczalnych. Zwykłe błony, jak pęcherz, papier pergaminowy, nie mają tej własności, trzeba sporządzać specjalne, co jest trudne. Najlepszą jest pod tym względem błona z żelazocjanku miedzi: $Cu_2Fe(CN)_6$.

Jest to jednak substancja galaretowata, mało odporna na działania mechaniczne. Wobec tego powoduje się jej wytworzenie w porowatym walcu z wypalanej gliny bez glazury, wlewając do niego roztwór żelazocjanku potasu $K_4Fe(CN)_6$ i wstawiając go do roztworu siarczanu miedzi. Obie sole przenikają w drodze dyfuzji do ścianek walca i w jego porach tworzą przez reakcję podwójnej wymiany galaretowaty osad żelazocjanku miedzi. Tak przyrządzony walec zachowuje się wobec roztworów, jak gdyby cały składał się z żelazocjanku miedzi.

Pierwsze pomiary ciśnienia osmotycznego za pomocą takiego urządzenia były wykonane przez Pfeffera, a następnie na szerszą skalę przez Morse'a i innych amerykańskich badaczy. Z pomiarów ich pochodzą dane liczbowe dla ciśnienia osmotycznego cukru, przytoczone w końcu tego ustępu.

Pomiar ciśnienia osmotycznego, działającego w komórce, może być uskuteczniony przez porównanie jego z wiadomym ciśnieniem jakiegoś roztworu, najlepiej cukru trzcinowego, gdyż nie przenika on do protoplazmy. W tym celu umieszcza się komórkę (praktycznie przeważnie wycinek tkanki) w roztworach o wiadomej koncentracji molekularnej. Roztwory te będą przechodziły swobodnie przez błonę komórkową i uciskały protoplazmę działaniem swojego ciśnienia osmotycznego. Jeżeli będą to roztwory stosunkowo słabe, ciśnienie osmotyczne soku komórkowego, działające na protoplazmę od wewnątrz, będzie tylko częściowo zrównoważone. Skutkiem tego komórka nieco się skurczy i napięcie błony odpowiednio osłabnie (ryc. 249 *B*). Przy coraz wyższych koncentracjach dojdziemy do tego, że ciśnienie osmotyczne soku komórkowego zostanie zrównoważone. Błona stanie się wtedy wiotka i przyjmie najmniejsze wymiary. Roztwory jeszcze bardziej stężone przeważą nad wewnętrznym ciśnieniem osmotycznym komórki i spowodują skurczenie się proto-

plazmy, podczas gdy błona komórkowa zachowa swoje wymiary, bo na nią z powodu jej silnej przepuszczalności działa tylko bardzo słabe ciśnienie osmotyczne. Protoplazma będzie się odrywała od błony komórkowej — wystąpi więc znane już nam zjawisko plazmolizy (ryc. 249 *C* — *D*). Ciśnienie roztworu powodującego początek plazmolizy będzie




Ryc. 249. Młoda komórka pewnej rośliny w wodzie *(A)*, w 4-procentowym *(B)*, 6-procentowym *(C)* i 8-procentowym *(D)* roztworze saletry; *bł* błona komórkowa, *pl* protoplazma, *w* wodniczek. — Według de Vriesa

się oczywiście niewiele różniło od ciśnienia osmotycznego wewnątrz komórki i może być z pewnym przybliżeniem uznane za równe mu. Będzie to ciśnienie osmotyczne wymierzone dla komórki skurczonej, mającej błonę nienapiętą. Nazywa się ono wartością osmotyczną komórki. Wartość ta jest nieco większa od ciśnienia osmotycznego w komórce będącej w stanie normalnym, gdyż, skutkiem skurczenia się komórki, część wody z niej wyjdzie, podczas gdy protoplazma zatrzyma substancje rozpuszczone w soku komórkowym i sok ten stanie się bardziej zagęszczony.

W różnych częściach rośliny ciśnienie osmotyczne jest nieco różne. O przeciętnej jego wartości można mieć pojęcie wyciskając sok z rośliny uprzednio zabitej przez ogrzewanie do temperatury wrzenia wody. Trzeba ten sok zamrozić i zmierzyć temperaturę krzepnięcia. Z powodu zawartości w soku różnych rozpuszczonych substancyj temperatura ta będzie niższa od temperatury krzepnięcia czystej wody, to znaczy od $0^0$ C. To obniżenie temperatury krzepnięcia wskaże, jakie ciśnienie sok komórkowy wywierał w komórkach na protoplazmę. Istnieje bowiem ścisła zależność między obniżeniem punktu krzepnięcia roztworu a wywieranym przez ten roztwór ciśnieniem osmotycznym: na $1^0$ obniżenia punktu krzepnięcia przypada 12 *atm.* ciśnienia osmotycznego.

Powróćmy teraz do zagadnienia siły ssącej, która jest najważniejszym czynnikiem przewodzenia wody w roślinie. Jest ona wytwarzana przez ciśnienie osmotyczne soku komórek, które nie są całkowicie nasiąknięte wodą. Pod wpływem tego ciśnienia komórka stara się powiększyć swą objętość wciągając wodę z zewnątrz rośliny albo z sąsiednich komórek.

Temu działaniu przeciwstawia się błona i to tym bardziej, im bardziej jest napięta i przeto silniej ciśnie na protoplazmę. Wynika stąd, że natężenie siły ssącej należy mierzyć różnicą między ciśnieniem osmotycznym a ciśnieniem błony działającym w przeciwnym kierunku.

$$S = W - P$$

S — natężenie siły ssącej; W — ciśnienie osmotyczne soku komórkowego; P — ciśnienie błony, które jest równe hydrostatycznemu ciśnieniu, wyzywającemu turgor komórki.

Jeżeli komórka styka się z wodą albo z inną komórką mającą mniejszą siłę ssącą, to będzie ona wciągała wodę. Objętość jej będzie wzrastała, a błona stając się coraz bardziej napiętą, będzie wywierała coraz większe ciśnienie na protoplazmę. Siła ssąca będzie malała. Dojdzie wreszcie do tego, że ciśnienie osmotyczne zostanie zrównoważone przez ciśnienie błony (W = P). Wtedy siła ssąca spadnie do zera. Komórka będzie zawierała maksymalną ilość wody. I odwrotnie, jeżeli komórka będzie traciła wodę skutkiem transpiracji albo wyciągania z niej wody przez inne komórki, to jej objętość będzie malała. Napięcie błony będzie wtedy słabło, a siła ssąca wzrastała. Największa siła ssąca wytworzy się wtedy, kiedy komórka o tyle się skurczy, że błona straci napięcie, tak jak przy plazmolizie. Natężenie siły ssącej stanie się równe pełnemu ciśnieniu osmotycznemu. Wyjątkowo siła ssąca może być nawet większa od ciśnienia osmotycznego, a mianowicie, jeżeli komórka skurczy się do tego stopnia, że błona jej pofałduje się. Wtedy błona nie tylko nie będzie hamowała działania ciśnienia osmotycznego, lecz, usiłując rozprostować się, będzie działała w tym samym kierunku co ciśnienie osmotyczne — a więc rozciągała protoplazmę. Zjawisko takie wymaga oczywiście, by błona komórkowa była odpowiednio sprężysta, co bynajmniej nie zawsze bywa. Można więc przyjąć, że ciśnienie osmotyczne stanowi maksymalną wartość siły ssącej.

Siła ssąca komórek miękiszu, przylegających do naczyń, ciągnie w nich wodę do góry. Powinna ona zatem być tym większa, im wyżej położone są komórki, w których działa. Istotnie tak jest. Nie będziemy zajmowali się metodami służącymi do pomiaru siły ssącej — jest to rzecz zbyt zawiła. Trzeba natomiast przytoczyć wyniki takich pomiarów. I tak stwierdzono w pewnym wypadku u buka następujące siły ssące: skórka korzenia — 1,0 *atm.* — kora jego — 1,6 — kora w pniu na wysokości 35 *cm* — 3,2, a na wysokości 260 *cm* — 5,1, w palisadach liści — 13,3. W liściach, z których woda wyparowuje, siła ssąca okazała się największą. Widzimy z tego przykładu, że są to wartości dostatecznie duże nawet dla wysokiego drzewa: ciągnienie 13,3 *atm.* mogłoby utrzymać słup wody 133 metrów wysokości, podczas gdy buk dorasta tylko 35 metrów.

Opisane ciągnienie może być skuteczne oczywiście tylko wtedy, jeżeli woda w naczyniach stanowi sznury nieprzerwane. Otóż obserwacje na roślinach zielnych wykazały, że sznury te nie przerywają się nawet przy

więdnięciu. Jeżeli widywano w naczyniach pęcherzyki gazów, tzw. łańcuchy Jamina, to było to powietrze, które dostało się do naczyń skutkiem nieostrożnego obcinania miękiszu koniecznego dla obserwacji. Jak jest u drzew, trudno zobaczyć. Jeżeli jednak sznury wody rozrywają się, to poszczególne ich odcinki mogą być utrzymywane przez siłę ssącą komórek miękiszu drzewnego, które w pewnych odstępach mieszczą się przy naczyniach.

POKAZY. Zaobserwować parcie korzeniowe udaje się dobrze na fuksji. Doświadczenie Dutrochet'a jest łatwe przy użyciu pęcherza jako błony.

Można zobaczyć metodą plazmolityczną różnice w wielkości ciśnienia osmotycznego między roślinami biorąc skórkę z łuski cebuli jak w ust. 2 i skórkę zdartą z liścia rozchodnika *(Sedum)*, rojnika *(Sempervivum)* albo grubosza *(Crassula)*. Cebula wykaże największe ciśnienie. Dla pokazania tego trzeba przygotować roztwory cukru trzcinowego o różnych koncentracjach, czyli stężeniach. W tym celu odważa się 342 *g* cukru i rozpuszcza się go w około 1/2 litra wody destylowanej, wlanej do litrowej kolby miarowej. Następnie dolewa się stopniowo wody mieszając ciągle, aż dojdzie się do objętości 1 litra. Będzie to roztwór o stężeniu *1 Mol/L*. Mieszając go w odpowiedniej proporcji, za pomocą cylindrów miarowych z wodą (zawsze destylowaną) otrzymać można niższe koncentracje. Zacząć trzeba od stężeń różniących się o 1/10 *Mol/L* od siebie. Umieszczając w tych różnych roztworach skrawki skórek określa się najniższe stężenie, w którym plazmoliza wystąpiła i najwyższe, w którym jej nie było. Ciśnienie osmotyczne rośliny będzie wtedy pośrednie między ciśnieniami takich dwóch roztworów. Następnie można wypróbować stężenie pośrednie. Dojdzie się w ten sposób do takiego, przy którym plazmoliza będzie tylko w początkach, stężenie to da najbliższą wartość ciśnienia osmotycznego w komórkach. Jeżeli różne komórki będą reagowały różnie, trzeba dobrać taki roztwór, w którym połowa komórek będzie splazmolizowana.

Dla obliczenia ciśnienia osmotycznego tą metodą przy użyciu cukru może służyć następująca tabela ułożona dla temperatury 20° *C*.

Ciśnienie osmotyczne roztworów cukru trzcinowego, wywierane na błony dla niego nieprzepuszczalne przy 20° C w *atm*.

| Stężenie w Mol/L | 0.00 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.07 | 0.08 | 0.09 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 1.9 | 2.1 | 2.4 |
| 0.1 | 2.7 | 2.9 | 3.2 | 3.5 | 3.7 | 4.0 | 4.3 | 4.5 | 4.8 | 5.1 |
| 0.2 | 5.3 | 5.6 | 5.9 | 6.2 | 6.4 | 6.7 | 7.0 | 7.3 | 7.6 | 7.9 |
| 0.3 | 8.2 | 8.5 | 8.8 | 9.1 | 9.4 | 9.7 | 10.0 | 10.3 | 10.6 | 10.9 |
| 0.4 | 11.2 | 11.5 | 11.8 | 12.2 | 12.5 | 12.8 | 13.1 | 13.5 | 13.8 | 14.1 |
| 0.5 | 14.5 | 14.8 | 15.1 | 15.5 | 15.8 | 16.2 | 16.5 | 16.9 | 17.2 | 17.6 |
| 0.6 | 18.0 | 18.4 | 18.7 | 19.1 | 19.5 | 19.8 | 20.2 | 20.6 | 21.0 | 21.4 |
| 0.7 | 21.8 | 22.2 | 22.5 | 22.9 | 23.4 | 23.8 | 24.2 | 24.6 | 25.0 | 25.4 |
| 0.8 | 25.9 | 26.3 | 26.7 | 27.2 | 27.6 | 28.1 | 28.5 | 29.0 | 29.4 | 29.9 |
| 0.9 | 30.4 | 30.8 | 31.3 | 31.8 | 32.3 | 32.7 | 33.2 | 33.7 | 34.2 | 34.7 |
| 1.0 | 35.2 | 35.7 | 36.2 | 36.7 | 37.3 | 37.8 | 38.3 | 38.8 | 39.3 | 39.9 |

Metoda plazmolityczna nie pozwala wymierzyć ciśnienia osmotycznego z dużą dokładnością. Trudno iść dalej niż o 0,05 w różnicach między roztworami. Zwłaszcza różnice w zachowaniu się poszczególnych komórek sprawiają dużo trudności.

60. TRANSPIRACJA jest to wyparowywanie wody z roślin. Dzieje się to oczywiście w nadziemnych pędach, a głównie w liściach, gdyż mają one największą powierzchnię. U roślin niższych transpiracja odbywa się tak samo, jak z pierwszego lepszego ciała martwego nasiąkniętego wodą. U roślin naczyniowych, posiadających skórkę opatrzoną szparkami oddechowymi, jest ona natomiast zjawiskiem złożonym, co usprawiedliwia użycie specjalnego terminu — transpiracja — zamiast ogólnego — parowanie. Chodzi mianowicie o to, że u wspomnianych roślin, o które nam najwięcej chodzi, woda wyparowuje nie tylko z zewnętrznej powierzchni skórki pokrytej nabłonkiem, lecz także z powierzchni komórek miękiszu do przestworów międzykomórkowych, z których para wydobywa się na zewnątrz przez szparki oddechowe. Dlatego też rozróżniamy transpirację n a b ł o n k o w ą i s z p a r k o w ą.

Transpiracja nabłonkowa jest słaba, gdyż nabłonek, złożony z kutyny (zob. ust. 28), jest słabo nasiąknięty wodą. Silniejsza jest transpiracja szparkowa, gdyż z błon miękiszu, złożonych z czystej celulozy, a więc silnie przesiąkniętych wodą, wydobywa się dużo pary wodnej. Para ta wprawdzie musi sobie utorować drogę przez wąskie szparki, ale to idzie łatwo, gdyż są one gęsto rozmieszczone, ilość ich na milimetrze kwadratowym liścia dochodzi u rzepy do 716!

Chcąc sobie zdać dokładniej sprawę ze zjawiska transpiracji, trzeba mieć na uwadze, że zachodzą tu, jak zresztą i w parowaniu, dwa różne procesy: zamiana wody w parę i rozchodzenie się pary w powietrzu. Pierwszy z nich odbywa się szybko, drugi zaś powoli. Dlaczego tak jest? Otóż drobiny pary wykonują ruchy molekularne z wielką szybkością, wynoszącą przy $20^0$ C średnio *577 m/sek.* Oddaliłyby się one szybko od rośliny, ale napotykają na swojej drodze drobiny powietrza, silnie zagęszczone: w jednym centymetrze sześciennym mieści się przy $20^0$ *C* na poziomie morza $258 \times 10^{17}$ drobin powietrza, na wyższych poziomach mniej, ale na poziomie 2000 *m* jeszcze $202 \times 10^{17}$. W tych warunkach drobiny pary wodnej muszą zderzać się bardzo często z drobinami powietrza i wobec tego rozchodzenie się pary w powietrzu musi odbywać się powoli. Trzeba jeszcze wziąć pod uwagę napływ drobin pary wodnej z powietrza, które jest zawsze mniej lub więcej wilgotne. Jest to skutek tej właściwości ruchu molekularnego, że cząsteczki równie często poruszają się we wszystkich kierunkach. Chcąc przeto przewidzieć, ile pary wodnej rozproszy się ostatecznie w powietrzu, trzeba wielkość tę traktować jako różnicę między odchodzeniem drobin pary a przybywaniem ich z atmosfery. Ilości jednych i drugich są oczywiście proporcjonalne od zagęszczenia drobin pary wodnej tam, skąd one przychodzą: przy po-

wierzchni parującej i w atmosferze. Stąd wypływa prawo Daltona, według którego ilość wyparowanej cieczy jest proporcjonalna do różnicy między koncentracją pary przy powierzchni parującej a koncentracją jej w otaczającym powietrzu.

Stosując to prawo do rośliny naczyniowej, zrozumiemy łatwo, dlaczego transpiracja nabłonkowa jest słabsza od szparkowej: przy powierzchni nabłonka zagęszczenie drobin pary jest małe, przy powierzchni komórek miękiszu w przestworach międzykomórkowych duże. Odejmując od tych koncentracji tę samą koncentrację pary wodnej powietrza, otrzymamy dla pierwszego przypadku wartość mniejszą, niż dla drugiego.

Jeżeli zastosujemy prawo Daltona do transpiracji szparkowej, otrzymamy bardzo ciekawe wyniki dające możność przewidywania, jak silna jest transpiracja. Z powodu ciasnoty przestworów komórkowych gromadzi się tam przy błonach miękiszu para nasycona, której koncentracja zależy tylko od temperatury. Zamiast koncentracji pary wodnej można zawsze brać jej prężność, która do niej jest dosyć dokładnie proporcjonalna. Otóż wymierzono dla różnych temperatur następujące prężności pary nasyconej:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $0^0$ | 4.6 | *mm* rtęci | $25^0$ | 23.8 | *mm* rtęci |
| 5 | 6.5 | „ | 30 | 31.8 | „ |
| 10 | 9.2 | „ | 35 | 42.2 | „ |
| 15 | 12.8 | „ | 40 | 55.3 | „ |
| 20 | 17.5 | „ | 45 | 71.9 | „ |

Wystarczy teraz odjąć od prężności pary nasyconej przy temperaturze rośliny prężność pary wodnej w powietrzu, by otrzymać wielkość, do której transpiracja szparkowa będzie proporcjonalna. Dla uproszczenia można przyjąć, że temperatura rośliny jest taka sama jak powietrza. Wtedy określona powyżej różnica będzie tzw. w klimatologii niedosytem wilgotności. Ponieważ transpiracja nabłonkowa jest słaba, można przyjąć w przybliżeniu, że nie tylko transpiracja szparkowa, ale i transpiracja w całości zmienia się proporcjonalnie do niedosytu wilgotności.

Dla lepszego wyjaśnienia weźmiemy dwa przykłady wybrane na chybił trafił z obserwacyj Krakowskiego Obserwatorium:

| Godzina | Temperatura powietrza w st. C. | Prężność pary wodnej w powietrzu w mm rtęci | Prężność pary nasyconej w mm rtęci | Niedosyt wilgotności w mm rtęci |
|---|---|---|---|---|
| | | 11 kwietnia 1903 roku | | |
| 7 | 8.4 | 7.3 | 8.3 | 1.0 |
| 14 | 15.2 | 8.9 | 13.0 | 4.1 |
| 21 | 12.5 | 7.9 | 10.9 | 3.0 |
| | | 17 lipca 1903 | | |
| 7 | 20.2 | 14.6 | 20.1 | 5.5 |
| 14 | 30.8 | 16.1 | 33.3 | 17.2 |
| 21 | 22.8 | 15.7 | 20 8 | 5.1 |

Dzięki przytoczonym liczbom widoczna staje się podstawa przewidywania natężenia transpiracji — zależy ona głównie od temperatury. Transpiracja rano jest więc słabsza niż w godzinach południowych, ku wieczorowi znowu słabnie i najsłabsza jest w nocy. Podobnie zmienia się w ciągu roku — najsłabsza w zimie, dochodzi do maksimum w upalne dni letnie. Przyczyną tych zjawisk jest widoczny z przytoczonej powyżej tabeli szybki wzrost prężności pary nasyconej wraz ze wzrostem temperatury.

Dalej rozpatrzyć należy wpływ wywierany na transpirację przez inne czynniki klimatyczne. Działanie wilgotności powietrza jest już objęte przedstawionym powyżej niedosytem wilgotności. Rozrzedzenie powietrza w górach wzmaga transpirację mniej więcej w tym stopniu, w jakim zmniejsza się ciśnienie barometryczne. Działanie to nie ma większego znaczenia, bo w górach jest zarazem niższa temperatura i to o tyle niższa, że powodowane przez nią osłabienie transpiracji równoważy ze znaczną nadwyżką działanie rozrzedzenia powietrza. Transpiracja w górach jest przeto słabsza, niż na niżu, na przykład w Zakopanem (838 *m* nad poziomem morza) jest blisko 2 razy słabsza niż w Warszawie (121 *m* [oczywiście nie podczas wiatru halnego!]).

Bardziej zawiłe jest działanie wiatru i promieniowania. Działanie wiatru jest słabsze, niżby się można było spodziewać widząc jak szybko na wietrze schną mokre ciała, np. bielizna. Otóż rzecz ta przedstawia się następująco: nabłonek paruje na wietrze o wiele silniej, niż w powietrzu spokojnym, ale działanie wiatru słabo wpływa na parowanie szparkowe, tak jak na mokrą bieliznę powieszoną w pokoju, w którym z jednej tylko strony są otwarte okna. Tak więc silnie parują na wietrze tylko te rośliny, u których zewnętrzna błona skórki zawiera mało kutyny i przeto jest silnie nasiąknięta wodą, a więc np. rośliny cienistych lasów, które zresztą działaniu silnych wiatrów nie podlegają, bo są chronione przez drzewa. Podobnie silnie transpirują pod działaniem wiatrów młode pędy mające nabłonek jeszcze niewykształcony. Najsilniejsze jest działanie wiatru na drzewa, gdyż wznoszą się one wysoko, a wiatr wzmaga się z wysokością.

Silnie wzmaga transpirację promieniowanie słoneczne. Wpływ ten jest równoległy do wpływu temperatury, bo dni słoneczne są zarazem na ogół cieplejsze. Działanie promieniowania na transpirację jest podwójne. Przede wszystkim rozgrzewa ono rośliny, mimo że chłodzi je wyparowywanie wody. Temperatura roślin na ogół niewiele różni się od temperatury otaczającego powietrza, ale w słońcu może podnieść się o kilkanaście stopni ponad nią. Pociąga to za sobą odpowiednie zwiększenie koncentracji pary wodnej w przestworach międzykomórkowych ze wszystkimi skutkami, które były powyżej omówione. Jest to po prostu wpływ podwyższenia temperatury.

Działanie promieniowania na transpirację jest jeszcze inne, pośrednie wprawdzie, ale niemniej ważne, a mianowicie za pośrednictwem komó-

rek szparkowych. Jak już widzieliśmy w ust. 28, komórki te są złączone parami na obu końcach z pozostawieniem pośrodku wąskiego otworu — szparki oddechowej. Z powodu ogromnej liczebności szparek para wodna może przez nie przechodzić w dużych ilościach, jednakże niezupełnie swobodnie. Wpływa na to zwartość komórek szparkowych, która jest zmienna i zależna przede wszystkim od oświetlenia. W ciemności szparki zamykają się, w świetle zaś otwierają, przy czym najsilniejsze działanie wywiera składnik czerwony światła. Rozszerzanie się szparek oddechowych ułatwia oczywiście wychodzenie pary wodnej z przestworów międzykomórkowych, a przez to wzmaga parowanie.

Otwieranie się i zamykanie szparek oddechowych jest powodowane przez wyginanie się i wyprostowywanie komórek szparkowych. Czynne tu jest ciśnienie osmotyczne. Pod działaniem światła wzmaga się ono dzięki rozszczepieniu skrobi, wytworzonej w ciałkach zieleni, na cukier, który rozpuszcza się w soku komórkowym i powiększa jego koncentrację. Pod tym działaniem komórki szparkowe rozszerzają się i wyginają. Przyczyna tych wygięć jest następująca: Błona komórek szparkowych jest grubsza po stronie szparki, niż w innych częściach (ryc. 78). Wobec tego przy powiększeniu ciśnienia osmotycznego części błony przy szparce rozciągają się słabiej od części przeciwległych i komórki wyginają się w całości tak samo w przeciwne strony rozszerzając szparkę. Z nastaniem ciemności cukry przemieniają się z powrotem w skrobię, koncentracja soku komórkowego maleje, ciśnienie osmotyczne słabnie i przez to komórki szparkowe kurczą się i wyprostowują — szparka zamyka się. U zbóż mechanizm tych zmian jest nieco odmienny.

Kurczenie się komórek szparkowych, niezależnie od powodującej tę zmianę przyczyny, połączone jest zawsze z wyprostowaniem się. Dlatego też szparki oddechowe zamykają się nawet na świetle, jeżeli roślina straci dużo wody, jak to często bywa w południowych godzinach w słoneczne dni.

Szparki oddechowe odgrywają w życiu rośliny poważną rolę nie tylko przez wpływ na transpirację. Przechodzą przez nie także tlen i dwutlenek węgla i to w różnych wypadkach różnie: z atmosfery do rośliny i odwrotnie. Te ruchy gazów, którymi jeszcze będziemy się zajmowali, odbywają się w sposób opisany powyżej dla pary wodnej — poszczególne drobiny poruszają się osobno. Ruchy te noszą nazwę d y f u z j i.

Z dyfuzją spotkaliśmy się już przy omawianiu transpiracji, chodziło tam o rozchodzenie się pary wodnej w powietrzu. Procesy tego rodzaju odgrywają w życiu rośliny bardzo ważną rolę, a to dlatego, że odbywają się nieustannie w wodnym środowisku komórek. Jest to zupełnie naturalne, bo cząsteczki rozpuszczalnych ciał wykonują podobne ruchy molekularne do cząsteczek gazów.

Dyfuzja ciał ciekłych lub rozpuszczonych przez błony z jednego środowiska do drugiego nazywa się o s m o z ą. Osmoza powoduje najrozmaitsze przemiany substancji rozpuszczonych w komórkach i z jednej

komórki do innych sąsiednich. Wstrzymanie takich ruchów przez skorkowacenie błon powoduje zamieranie komórek w tkance korkowej i korowinie.

POKAZY. Transpirację można łatwo zaobserwować, umocowując za pomocą waty gałązkę jakiejkolwiek rośliny o możliwie dużych i delikatnych liściach w kolbie Erienmayera z wodą. Nie należy do tego doświadczenia brać trzykrotki, która transpiruje bardzo słabo. Kolbę z rośliną stawia się na szalce wagi i równoważy się ją ciężarkami albo śrutem, możliwie dokładnie. Po pewnym czasie szalka z rośliną uniesie się do góry. Można także zademonstrować różnice w transpiracji między różnymi roślinami, np. biorąc opuncję i fuksję: ta ostatnia wyparowuje z tej samej powierzchni 30 razy więcej wody niż opuncja. Trzeba w tym celu przeprowadzić doświadczenie z obu roślinami, jednocześnie określając ubytek wody za pomocą ciężarków.

61. KSEROFITY I HYGROFITY. Musimy jeszcze wrócić do zagadnienia bilansu wodnego roślin naszkicowanego w ust. 64. Widzieliśmy, że dla normalnego życia rośliny lądowe muszą utrzymywać należyte nasiąknięcie komórek wodą. Utrzymanie takiego stanu bywa nieraz trudne z powodu małej wilgotności gleby albo silnej transpiracji, czy też pod działaniem obu tych przyczyn na raz, co wywołuje ujemny bilans wodny. Rośliny naczyniowe mają w swojej budowie i w sposobie reagowania na czynniki zewnętrzne środki służące do utrzymywania należytej zawartości wody w komórkach. Jest to właściwość roślin lądowych, zwana k s e r y z m e m. Rośliny, które tę własność posiadają w silnym stopniu i mogą dzięki temu rosnąć w suchym klimacie i w miejscach suchych (na skałach itp.) — noszą nazwę k s e r o f i t ó w. Przeciwieństwem ich są h y g r o f i t y, których sprawność w utrzymywaniu należytej zawartości wody jest mała i które skutkiem tego trzymają się krajów o klimacie wilgotnym i miejsc wilgotnych, np. zacienionych wąwozów, gęstych lasów itp. Między kserofitami a hygrofitami są liczne przejścia, np. większość naszych roślin krajowych stanowi coś pośredniego między nimi.

Kserofity odznaczają się grubym nabłonkiem, skutkiem czego ich transpiracja nabłonkowa jest słaba. Poza tym właściwości ich są różne. Wiele spomiędzy nich wykazuje duże ciśnienie osmotyczne, które daje możność wytwarzania odpowiednio dużych sił ssących, umożliwiających energiczne wciąganie wody z gleby i przewodzenie na dużą nawet wysokość. Na przykład dla niektórych roślin Sahary podawane są wartości ponad 50 atmosfer, dla roślin pustynnych w Arizonie — do 45 atm. itd. Dla porównania przytoczę odnośne wartości dla niektórych naszych roślin dzikich i uprawnych:

| | |
|---|---|
| Jesion *(Fraxinus excelsior)* | 22 atm. |
| Świerk *(Picea excelsa)* | 19 „ |
| Grab *(Carpinus Betulus)* | 19 „ |
| Lipa *(Tilia parvifolia)* | 18 „ |

| | |
|---|---|
| Jodła *(Abies alba)* | 18 atm. |
| Sosna *(Pinus silvestris)* | 17 „ |
| Modrzew *(Larix europaea)* | 17 „ |
| Dąb *(Quercus pedunculata)* | 16 „ |
| Buk *(Fagus silvatica)* | 15 „ |
| Kostrzewa łąkowa *(Festuca pratensis)* | 14 „ |
| Kupkówka *(Dactylis glomerata)* | 13 „ |
| Wiechlina łąkowa *(Poa pratensis)* | 13 „ |
| Komonica *(Lotus corniculatus)* | 12 „ |
| Koniczyna czerwona *(Trifolium pratense)* | 11 „ |
| Kapusta głowiasta *(Brassica oleracea var. capitata)* | 11 „ |
| Słonecznik *(Helianthus annuus)* | 10 „ |
| Dynia *(Cucurbita Pepo)* | 9 „ |
| Ziemniak *(Solanum tuberosum)* | 8 „ |
| Burak *(Bota vulgaris)* | 8 „ |
| Ogórek *(Cucumis sativus)* | 8 „ |
| Pomidor *(Solanum Lycopersicum)* | 7 „ |

Wszystkie te dane liczbowe są przybliżone, gdyż zależnie od warunków zewnętrznych ciśnienie osmotyczne zmienia się w pewnych granicach. Drzewa mają, jak widać z powyższych liczb, ciśnienie większe od roślin zielnych, co wiąże się z większymi trudnościami w przewodzeniu wody u tych roślin. Większa część kserofitów ma liczne szparki i może regulować wyparowywanie wody: zamykają one szparki w gorących, suchych okresach, a otwierają w chłodnych, wilgotnych, kiedy nie grozi uschnięcie. Transpiracja nabłonkowa jest przy tym ciągle słaba. Jest to dla nich bardzo korzystne, gdyż przez szparki wchodzi do rośliny niezbędny do wytwarzania substancji organicznych dwutlenek węgla. Mogą się one więc weń zaopatrywać w okresach słabej transpiracji, np. rano. Pod tym względem osobne miejsce wśród kserofitów zajmują kaktusy i inne rośliny o grubych soczystych pędach, tzw. s u k u l e n t y. Mają one mało szparek oddechowych, np. opuncja ma ich około 27 na milimetr kwadratowy. Dla porównania przytoczę te dane dla innych roślin. I tak na górnej stronie liści pszenicy jest około 86 szparek na $mm^2$, na dolnej zaś 74. U koniczyny czerwonej na górnej stronie jest około 86 szparek na $mm^2$, a na dolnej — 154. Fuksja ma szparki tylko na dolnej stronie — około 100 na $mm^2$ itd. Dwa ostatnie przykłady ilustrują to ogólne prawidło, że szparki oddechowe mieszczą się głównie na dolnej stronie liści. Sukulenty dzięki grubemu nabłonkowi i nielicznym szparkom transpirują zawsze słabo. Chroni to ich bilans wodny, ale jednocześnie pociąga za sobą skutek ujemny, a mianowicie utrudnia zaopatrywanie się w dwutlenek węgla.

Sukulenty różnią się od innych kserofitów jeszcze jedną ciekawą osobliwością — mają słabe ciśnienie osmotyczne, o wysokości zaledwie 3.9—5.5 *atm.* Siła ssąca jest przeto u nich nieznaczna. Toteż dla utrzy-

mania należytego nasiąknięcia wodą wyzyskują one duże zapasy wody zawarte w tkance wodnej ich grubych pędów. Niektóre sukulenty są zresztą hygrofitami.

Hygrofity mają inne własności. Skórka ich ma nabłonek cienki, toteż regulowanie transpiracji za pomocą szparek jest bardzo ograniczone. Ciśnienie osmotyczne jest zwykle nieduże. Należą tu np. rośliny zielne naszych cienistych lasów, jak zajęcza kapusta *(Oxalis Acetosella)*, u której ciśnienie osmotyczne wynosi około 7.8 *atm.*

Rośliny wysokogórskie są także hygrofitami. Wynika to z osłabionej przez niską temperaturę transpiracji. Można się spotkać niejednokrotnie z twierdzeniem przeciwnym: że w górach transpiracja jest silniejsza. Przeczą temu bezpośrednie pomiary transpiracji. Na przykład w górach skalistych stwierdzono dla pszenicy następujące stosunkowe natężenia transpiracji:

| Wysokość nad poziomem morza w metrach | Transpiracja stosunkowa |
|---|---|
| 1870 | 100 |
| 2620 | 58 |
| 3290 | 20 |

Kserofity i hygrofity mogą służyć przykładem typów ekologicznych, czyli grup roślin wykonujących swoje czynności życiowe w podobny sposób. Typy ekologiczne różnią się nie tylko gospodarką wodną, lecz także wytrzymałością na mrozy, sposobami odżywiania itd. Do tego samego typu należą nieraz rośliny z bardzo różnych rodzin. Jako dalsze przykłady typów ekologicznych można przytoczyć halofity albo słonorośla, rosnące na zasolonej glebie — epifity, rośliny tropikalne rosnące na drzewach zamiast na ziemi, ale nie pobierające z nich pożywienia — drzewa-hydrofity — rośliny wodne itd.

62. POKARMY MINERALNE. Roślinom potrzeba następujących pokarmów mineralnych: azotu, fosforu, potasu, magnezu, siarki, wapnia i żelaza. Nadto w bardzo małych ilościach potrzebne także cynk, miedź, mangan i bor — są to tzw. mikroelementy. Pleśnie i bakterie mogą obejść się bez wapnia. Pokarmy mineralne mogą być pobierane i przyswajane tylko wtedy, gdy są one rozpuszczalne w wodzie lub słabych kwasach organicznych, z wyjątkiem azotu, który przez niektóre bakterie jest przyswajany z powietrza. O tym będzie mowa osobno w ust. 70. Składniki pokarmowe są pobierane przez korzenie z gleby, ściślej mówiąc z roztworu glebowego, to znaczy z wody, którą gleba jest nasiąknięta. W pewnych granicach ilość pobieranych składników nie zależy od ilości pochłanianej przez roślinę wody. Korzenie roślin przyczyniają się do rozpuszczania składników gleby w wodzie przez wydzielanie kwasu węglowego, a także w niektórych wypadkach i innych kwasów orga-

nicznych. Jest to rzecz ważna, gdyż niektóre sole, nierozpuszczalne w wodzie, rozpuszczają się w kwasach, np. fosforan wapniowy, zawarty w mączce fosforytowej. Dzięki temu do odżywiania roślin można używać niektórych ciał nierozpuszczalnych, czego przykładem jest właśnie wspomniana mączka, używana w niektórych wypadkach jako nawóz sztuczny.

Do odżywiania roślin mogą służyć różne sole zawierające wymienione powyżej pierwiastki, ale w odpowiedniej formie. I tak azot jest przyswajany w formie soli amonowych, azotanów lub rzadziej azotynów. Siarkę rośliny przyswajają w formie siarczanów — siarczyny natomiast i tiosiarczany nie mogą służyć dla nich jako pokarm. Fosfor jest przyswajany tylko w formie fosforanów (fosforyny natomiast nie są użytkowane) — bor w formie boranów. Metale są użytkowane w formie każdej soli, byleby była rozpuszczalna.

Pobieranie soli przez rośliny jest w pewnym stopniu procesem dyfuzyjnym, ściślej mówiąc osmotycznym, gdyż chodzi tu o dyfuzję, odbywającą się w środowisku ciekłym. Proces ten jest dosyć złożony gdyż sole w roztworze ulegają d y s o c j a c j i  e l e k t r o l i t y c z n e j. Dysocjacją zwie się każdy w ogóle odwracalny rozkład, w którym drobiny rozkładają się, a jednocześnie, powstałe w tej drodze, drobniejsze cząstki łączą się z powrotem w drobiny. Przez to rozkład taki jest częściowy. Na przykład para wodna przy wysokiej temperaturze rozkłada się częściowo na tlen i wodór, a to w stopniu tym silniejszym, im wyższa jest temperatura. Przy powolnym obniżeniu temperatury wodór z tlenem łączy się z powrotem (przy szybkim oziębianiu gazy te mogą nie zdążyć połączyć się i pozostają).

Przy dysocjacji elektrolitycznej, której poza solami ulegają w roztworach także kwasy i zasady, czyli tzw. elektrolity, drobiny rozkładają się na j o n y, cząsteczki naładowane elektrycznością. Nie zachodzi to koniecznie w zjawiskach dysocjacji, między innymi nie zachodzi we wspomnianej powyżej dysocjacji pary wodnej. Jedne z jonów mają ładunek dodatni (k a t i o n y), inne ujemny (a n i o n y). Rozkład odbywa się w ten sposób, że suma ładunków dodatnich jest równa sumie ujemnych. Przy dysocjacji soli rolę kationów odgrywają atomy metalu, a nadto jony wodorowe, jeżeli sól jest kwaśna. Rolę anionów grają odłączone od metali reszty kwasowe, ewentualnie także grupy wodorotlenowe *OH*, jeżeli sól jest zasadowa.

Oto przykłady:

$KCl \quad \overset{+}{K} + \overset{-}{Cl}$

$Na_2SO_4 \quad \overset{+}{Na} + \overset{+}{Na} + SO_4^{--}$

$NaHSO_4 \quad \overset{+}{Na} + \overset{+}{H} + SO_4^{-}$ itp.

Dysocjacja elektrolityczna jest tym silniejsza, im roztwór jest bardziej rozcieńczony, na przykład w różnych roztworach chlorku potasu ilość rozłożonych na jony drobin przedstawia się następująco:

| Koncentracja roztworu w gramach na litr | Ilość rozłożonych drobin w procentach ogólnej ilości |
|---|---|
| 75 | 74.8 |
| 50 | 78.6 |
| 25 | 82.6 |
| 10 | 84.9 |
| 5 | 88.3 |
| 1 | 93.1 |
| 0.1 | 95.9 |
| 0.01 | 98.6 |



Ryc. 250. Wodne kultury gryki (*Fagopyrum esculentum*) w pełnej pożywce (*A*) i w pożywce bez soli potasowych (*B*). — Według N o b b e g o

O koncentracji roztworów glebowych mówią nam następujące dane: 100 $cm^3$ wody wyługowało ze 100 *g* pewnego czarnoziemu 0.0189 *g* soli, z pewnej gleby bielicowej — 0.0110 *g*. Daje to koncentrację roztworu glebowego w pierwszym wypadku 0.189 *g/L*, w drugim zaś 0.110 *g/L*. Jak widać z przykładu chlorku potasu, dysocjacja soli w roztworze glebowym powinna wynosić ponad 90%. Trzeba zresztą zaznaczyć, że różne sole ulegają dysocjacji w niejednakowym stopniu.

Z powodu silnej dysocjacji soli w roztworze glebowym rośliny mają do swojej dyspozycji mało nierozłożonych drobin, a więc pobierają przeważnie jony. Dlatego przy omawianiu kwestii odżywiania roślin mówi się często o jonach zamiast o solach.

Niezbędność wymienionych na wstępie pokarmów mineralnych można wykazać za pomocą kultur na pożywkach zawierających te pokarmy. Brak bodaj jednego z nich powoduje wstrzymanie wzrostu. Szczególnie ciekawe są takie doświadczenia z zielonymi roślinami nasiennymi. Prowadzi się w tym celu kultury wodne umieszczając młodą roślinkę korzeniami w roztworze soli. Jeżeli sole te są dobrze dobrane, to roślina rośnie normalnie. Użyć można np. pożywki K n o p a, pierwszej jaka była stosowana. Zawiera ona: 1 litr wody — 0.25 *g* $MgSO_4$ — 0.25 *g* $K_2HPO_4$ — 0.25 *g* KCL — 1.00 *g* $Ca(NO_3)_2$ oraz kilka kropli roztworu chlorku żelaza. Nie ma w tej pożywce ani cynku, ani boru. Rośliny je-

dnak potrzebują tak mało cynku, że wystarczą drobne ilości pochodzące z zanieczyszczeń odczynników albo ze szkła naczyń, które rozpuszcza się cokolwiek w wodzie. To samo dotyczy również boru, jakkolwiek rośliny potrzebują go nieco więcej. Trzeba tu zresztą wziąć pod uwagę, że nasiona zawierają te pierwiastki i wobec małego ich zapotrzebowania mogą na dłuższy czas zasilić roślinę, zwłaszcza jeżeli są duże. Rośliny nasienne rosną w takich kulturach na ogół dobrze, jeżeli się przedmuchuje należycie często płynną pożywkę dla dostarczenia tlenu korzeniom. Brak któregokolwiek z pokarmów powstrzymuje wzrost, co dowodzi niezbędności danego pokarmu (ryc. 250). Najtrudniej jest dowieść tego w stosunku do pokarmów, które są użytkowane w małej ilości. Już przy żelazie trzeba dobrze uważać, by nie dostało się ono jako zanieczyszczenie do pożywki. O wiele trudniejsze jest to w odniesieniu do cynku i boru. Trudności te spowodowały, że przez długi czas niezbędność ich nie była znana.

Dochodzimy w ten sposób do kwestii ilości, w jakiej różne pokarmy mineralne są roślinom potrzebne. Danych do tego dostarczają analizy roślin i ich popiołu. I tak w pewnym doświadczeniu nad jęczmieniem stwierdzono w roślinach wraz z korzeniami następujące ilości składników mineralnych w kg na hektar pola:

| Data zbioru | N | $K_2O$ | $P_2O_5$ |
|---|---|---|---|
| 29. V. | 57.3 | 82.8 | 21.2 |
| 17. VI. | 86.6 | 143.0 | 41.1 |
| 3. VII. | 71.3 | 120.4 | 43.7 |
| 27. VII. | 64.5 | 92.9 | 40.8 |

Dane te są szczególnie ciekawe przez to, że pokazują nie tylko pobieranie pokarmów mineralnych, lecz także uchodzenie ich do gleby tą samą drogą — przez korzenie. Zaznacza się to szczególnie silnie w stosunku do potasu.

W przytoczonych powyżej danych uwzględnione są tylko trzy rodzaje pokarmów mineralnych, te mianowicie, których często braknie w glebie i które są dodawane w formie nawozów. Chcąc nabrać pojęcia o innych, trzeba uciec się do analiz popiołów, w których co prawda nie będzie azotu. Przytoczę następujące dane, przeliczone na tysiąc części suchej substancji roślin.

| | $SO_3$ | $P_2O_5$ | $SiO_2$ | Cl | $K_2O$ | $Na_2O$ | CaO | MgO | $Fe_2O_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Siano | 3.6 | 4.9 | 20.1 | 4.3 | 18.6 | 2.6 | 11.1 | 4.8 | 1.1 |
| Pszenica ozima | 2.8 | 7.2 | 41.2 | 7.5 | 33.8 | 1.8 | 4.8 | 1.4 | 0.8 |
| Koniczyna czerwona | 2.1 | 6.7 | 1.6 | 2.7 | 21.0 | 1.4 | 24.1 | 7.4 | 0.7 |
| Rzepak | 11.3 | 9.0 | 3.8 | 6.0 | 26.9 | 2.7 | 17.8 | 3.2 | 1.0 |
| Bulwy ziemniaka | 2.5 | 6.5 | 0.8 | 1.2 | 22.8 | 1.0 | 1.0 | 1.8 | 0.5 |
| Korzeń buraka cukrowego | 1.5 | 4.2 | 0.7 | 2.0 | 21.3 | 3.9 | 2.1 | 2.9 | 0.4 |

Z tych danych, w których nie są uwzględnione cynk i bor, widać przede wszystkim małe zapotrzebowanie żelaza w porównaniu do innych pokarmów. Następnie rzuca się w oczy obecność składników, które nie są niezbędne dla odżywiania: krzemionki, chloru i sodu. Zwłaszcza krzemionka występuje w wielkiej ilości i to specjalnie u traw (jeszcze więcej zawierają jej skrzypy). Te substancje mineralne mogą jednak odgrywać pewną pożyteczną rolę w życiu roślin: krzemionka u traw wzmacnia błony komórkowe. Sód może częściowo zastępować potas.

Jeśli dawniej przypuszczano, że pobieranie pokarmów mineralnych przez korzenie jest procesem czysto fizycznym (dyfuzja), to ostatnio stwierdzono, że jest to aktywny proces fizjologiczny wymagający określonej ilości energii. Energię tę otrzymuje roślina dzięki oddychaniu.

Proces pobierania przez roślinę mineralnych pokarmów, tj. anionów i kationów różnych soli, można przedstawić sobie w sposób następujący: Pierwszym etapem pobierania stanowi adsorbcja tych jonów przez powierzchniową warstwę protoplazmy, przy czym jest to adsorbcja wymienna, to znaczy, że protoplazma pobierając anion, oddaje środowisku w większości wypadków $H\ CO_3'^1$, pobierając zaś kation — oddaje $H^{\cdot}$ ($H^{\cdot}$ i $HCO_3'$ — jony kwasu węglowego, który powstaje w procesie oddychania). Ponieważ protoplazma znajduje się w ciągłym ruchu, wobec tego unosi ona z sobą i składniki pokarmowe. Składniki te mogą być w analogiczny sposób przekazane (desorbcja) przez protoplazmę do soku komórkowego lub też do innych komórek prowadzących do tkanki naczyniowej, przez którą wraz z wodnym prądem pokarmy mineralne przenoszą się ku górnym częściom rośliny. Pobieranie pokarmów zależy od działań czynników zewnętrznych na korzeń. Przede wszystkim działania szkodliwe dla żywej substancji, jak niska temperatura lub brak tlenu, wstrzymują pobieranie pokarmów mineralnych tak samo jak pobieranie wody. Nadto silny wpływ wywiera kwasowość roztworu glebowego.

Ta ostatnia kwestia wymaga dodatkowych wyjaśnień. Chodzi o to, że woda podobnie jak sole ulega dysocjacji elektrolitycznej według równania:

$$H_2O \rightleftarrows \overset{+}{H} + \overset{-}{OH}$$

Dysocjacja ta jest bardzo słaba: w czystej wodzie tworzy się zaledwie $10^{-7}$ moli jonów wodorowych i tyleż jonów wodorotlenowych. Czysta woda ma wobec tego reakcję obojętną. W zetknięciu z glebą i korzeniami następują zmiany w ilości jednych i drugich jonów, przy czym iloczyn koncentracji pozostaje zawsze ten sam, równy $10^{-14}$. Ilość jonów wodorowych zwiększa się nieraz z odpowiednim zmniejszeniem ilości jonów wodorotlenowych — reakcja roztworu glebowego staje się k w a ś n a. Rzadziej się zdarza, że zmniejszy się ilość jonów wodorowych, oczywiście wraz z odpowiednim zwiększeniem ilości jonów wodorotlenowych — wytworzy się wówczas reakcja z a s a d o w a. Jony wodorowe i wodo-

rotlenowe mimo nieznacznej ilości wywierają bardzo silne działanie na substancję żywą. Dlatego też konieczny jest dokładny pomiar ich ilości, co uskutecznia się za pomocą odczynników zmieniających barwę, jak lakmus, albo przy użyciu aparatury elektrycznej. Wyniki pomiarów oznacza się, dla uniknięcia małych liczb, przez wielkość, którą oznacza się symbolem *pH*, a nazywa się wskaźnikiem koncentracji jonów wodorowych. Ta wielkość jest logarytmem dziesiętnym koncentracji jonów wodorowych, wziętym ze znakiem +. W ten sposób dla reakcji obojętnej $pH = 7$, dla reakcji kwaśnej $pH < 7$, dla zasadowej $pH > 7$. Trzeba przy tym pamiętać, że większym wartościom odpowiada mniejsza kwasowość i odwrotnie, mniejszym wartościom — większa kwasowość. Każdej zmianie *pH* o jednostkę odpowiada dziesięciokrotna zmiana kwasowości, np. $pH = 6$, jest to kwasowość dziesięć razy mniejsza od kwasowości $pH = 5$.

Mówi się często o kwasowości gleb zamiast o kwasowości roztworu glebowego. Jest to jedno i to samo, wchodzi tu w grę tylko łatwość wysławiania się. Otóż gleby w Polsce, jak w ogóle w krajach o wilgotnym klimacie, są przeważnie kwaśne. W krajach suchych, jak Egipt, są przeciwnie, zasadowe. Nasze gleby mają przeważnie kwasowość umiarkowaną, która działa sprzyjająco na pobieranie pokarmów z gleby i w ogóle na rozwój roślin, jakkolwiek wymagania różnych roślin pod tym względem są różne. Są jednak także gleby silnie kwaśne, spotykane w lasach i zwłaszcza na torfowiskach, gdzie kwasowość roztworu glebowego może być nawet 10000 razy większa, niż w czystej wodzie, co wyraża się przez $pH = 3$. Silna kwasowość działa na rośliny szkodliwie. Niekorzystnie też działa zasadowość roztworu glebowego, która wytwarza się w glebach wapiennych. W jaki sposób kwasowość wpływa na rośliny, nie jest jeszcze należycie wyjaśnione. Jeżeli chodzi o silną kwasowość, to w każdym razie utrudnia ona odżywianie azotowe. Pochodzi to stąd, że związki azotowe gleby są przeważnie w formie ciał białkowych, których duże drobiny nie mogą przejść przez błony komórkowe. W glebach niezbyt kwaśnych drobiny te są rozkładane przez bakterie na mniejsze, które mogą być pobrane przez korzenie. W glebach zbyt kwaśnych bakterie występują w małych ilościach: większość ich nie znosi silnej kwasowości środowiska. Rośliny naczyniowe nie mają wtedy dostatecznej ilości pokarmów azotowych, bo ich korzenie nie posiadają zdolności rozkładania ciał białkowych na proste związki. Pomagają im wtedy grzyby, które w przeciwieństwie do bakteryj mają upodobanie do kwaśnych środowisk. Na kwaśnych glebach prawie wszystkie rośliny tworzą mykorhizę, która pozostaje w łączności z grzybnią w glebie. Otóż grzybnia posiada, podobnie jak bakterie, zdolność rozkładania ciał białkowych. W ten sposób grzyby zyskują pokarmy azotowe, które częściowo przekazują korzeniom, a od nich otrzymują w zamian pokarmy organiczne. Zachodzi tu przypadek symbiozy bardzo harmonijnej.

O przyswajaniu pokarmów mineralnych będzie mowa w rozdziale V zajmującym się przemianami materii w roślinie. Tu podam tylko ogólnikowo, że pokarmy azotowe służą do produkcji ciał białkowych, tak samo jak siarkowe i fosforowe. Dalej magnez wchodzi w skład chlorofilu. Żelazo odgrywa pośrednią rolę w produkcji chlorofilu, bo bez niego barwik ten nie wytwarza się, jakkolwiek nie zawiera żelaza. Podobnie chlorofil nie tworzy się bez potasu. Ten składnik mineralny najprawdopodobniej odgrywa pośrednią rolę w produkcji ciał białkowych. Brak boru powoduje u niektórych roślin, np. u bobu, zanik wierzchołka wzrostu na pędzie. W ogóle rola pokarmów mineralnych w życiu roślin nie jest jeszcze należycie wyjaśniona.

Różne ilości soli pokarmowych wywołują wielkie różnice w rozwoju roślin. W praktyce rolniczej w celu stworzenia lepszych warunków dla rozwoju roślin, a tym samym zwiększenia ich plonów, stosujemy nawozy zawierające różne składniki pokarmowe.

Przy stosowaniu nawozów należy zawsze uwzględniać charakter rośliny, własności gleby, a także własności samych soli pokarmowych. Znaczne zwiększenie organicznej masy uzyskamy tylko wtedy, gdy damy roślinie składniki pokarmowe (np. azot, fosfor, potas) w odpowiednim stosunku ilościowym, a mianowicie w takim, jakiego dany gatunek wymaga. Należy także uwzględnić zawartość soli pokarmowych w glebie i w zależności od tego dawkować nawozy.

Zwiększenie ilości składników pokarmowych może powodować wytwarzanie się coraz większej masy organicznej tylko wtedy, gdy równolegle z odpowiednim stosowaniem nawozów będziemy zmieniać i inne warunki życiowe roślin.

POKAZY. Dobrze jest wykazać doświadczalnie niezbędność różnych pokarmów mineralnych dla roślin, a mianowicie N, P, K, Mg, Ca, S, ale wykonanie w tym celu kultur wodnych jest trudne. Trzeba mieć bardzo czystą wodą destylowaną i czyste odczynniki. Można do tego wziąć różne rośliny: grykę kukurydzę, dynię.

Można użyć następujące pożywki. Sole podane w tych przepisach trzeba rozpuścić w litrze wody — przy tym sole żelaza na ostatku w bardzo małej ilości: 10 $cm^2$ roztworu 0.05 *g* $FeCl_3$ w litrze wody. Tylko przy doświadczeniu bez potasu daje się sole żelaza przed fosforanem.

Pełna pożywka według Knopa już była podana (str. 243).

Pożywka bez żelaza jest taka sama, tylko bez soli żelaza.

Pożywka bez wapnia:

| | |
|---|---|
| 1.33 g | $NaNO_3$ |
| 0.25 „ | $MgSO_4$ |
| 0.25 „ | $KH_2PO_4$ |
| 0.12 „ | KCl |

Pożywka bez potasu:

| | |
|---|---|
| 1.00 g | $Ca(NO_3)_2$ |
| 0.25 „ | $MgSO_4$ |
| 0.25 „ | $NaH_2PO_4$ |
| 0.12 „ | NaCl |

Pożywka bez magnezu:

| | |
|---|---|
| 1.00 g | $Ca(NO_3)_2$ |
| 0.125 „ | $Na_2SO_4$ |
| 0.25 „ | $KH_2PO_4$ |
| 0.12 „ | KCl |

Pożywka bez siarki:

| | |
|---|---|
| 1.0 g | $Ca(NO_3)_2$ |
| 0.125 „ | $MgCl_2$ |
| 0.25 „ | $K_2HSO_4$ |
| 0.12 „ | KCl |

| Pożywka bez fosforu: | | Pożywka bez azotu: | |
|---|---|---|---|
| 1.00 g | $Ca(NO_3)_2$ | 0.12 g | KCl |
| 0.25 „ | $MgSO_4$ | 2.00 „ | $CaSO_4$ |
| 0.33 „ | $K_2SO_4$ | 0.25 „ | $MgSO_4$ |
| 0.12 „ | KCl | 0.25 „ | $KH_2SO_4$ |

Pożywki trzeba przedmuchiwac codziennie za pomocą gumowej pompki i zmieniać co 2—3 tygodnie.

63. WIĄZANIE WOLNEGO AZOTU. Jak to już było wspomniane w poprzednim ustępie, niektóre bakterie posiadają zdolność przyswajania wolnego azotu. Jest to zjawisko niezmiernie ważne nie tylko dla roślin, ale i dla wszystkich innych organizmów. Chodzi mianowicie o to, że jedynie takie bakterie mają zdolność przyswajania azotu w formie pierwiastka. Natomiast wszystkie inne rośliny, a także zwierzęta mogą przyswajać azot tylko w formie jego związków z wodorem lub tlenem. Takich związków na ziemi jest mało. Jedynym ich źródłem poza organizmami są wyładowania elektryczne w atmosferze, które powodują łączenie się azotu z tlenem dając niewielkie ilości kwasu azotowego. Wypłukiwane przez deszcze związki te dostają się do gleby. W ten sposób hektar pola otrzymuje w ciągu roku w Europie niespełna 1 *kg* związanego azotu, w krajach tropikalnych — do 6 *kg*. Tymczasem rośliny zużytkowują do 50 *kg* związanego azotu na hektar w ciągu roku. To ubóstwo ziemi w związki azotowe jest tym bardziej groźne, że są bakterie glebowe, tzw. denitryfikacyjne, które odtleniają kwas azotowy z uwolnieniem azotu. Z powyższego wynika jasno wielkie znaczenie bakteryj wiążących azot powietrzny: zaopatrują one cały świat żyjący w niezbędne pokarmy azotowe.

Najważniejszą bakterią tego rodzaju jest wykryty przez holenderskiego mikrobiologa Beijerincka *Azotobacter chroococcum*. Jest to aerobowa[1]) bakteria szeroko rozpowszechniona w glebie i w wodach zarówno słodkich jak i słonych. Mniejsze znaczenie ma anaerobowe[2]) *Clostridium pasteurianum*, wykryte w glebie przez rosyjskiego mikrobiologa Winogradskiego. Ta bakteria chroni się przed zabójczym dla niej działaniem tlenu przez współżycie z aerobowymi bakteriami w galaretowatych wydzielinach. Mniejsze znaczenie jej wynika z mniejszej wydajności. Chodzi mianowicie o to, że wiązanie azotu jest procesem endotermicznym, to znaczy jest połączone z wiązaniem energii. Źródłem tej energii jest energia chemiczna związków organicznych, które są przez bakterie utleniane albo rozkładane z uwolnieniem energii. Otóż na 1 g przerobionej substancji organicznej przypada u *Clostridium pasteurianum* 2—3 *mg* związanego azotu, natomiast u *Azotobacter chroococcum* do 80 *mg*.

[1])—[2]) Mikroorganizmy dzielą się na acrobowe (inaczej tlenowce), którym do życia potrzebny jest tlen — i na anaerobowe (beztlenowce), które rozwijają się lepiej bez dostępu tlenu.

Oprócz opisanych powyżej wolno żyjących bakteryj są jeszcze bakterie symbiotyczne, wiążące azot powietrzny. Nazwano te bakterie *Bacillus radicicola*, lepiej jest jednak traktować je jako osobny rodzaj *Rhizobium*. Żyją one w glebie odżywiając się tak, jak większość bakteryj, nie użytkowując wolnego azotu. W zetknięciu z korzeniami roślin motylkowych zmieniają swój sposób życia. Wchodzą one do kory korzeni powodując charakterystyczne przerosty tkanek w formie bulwek, zwanych brodawkami. Żywiąc się w tych brodawkach substancjami organicznymi, wytwarzanymi przez roślinę motylkową, bakterie te przyswajają wolny azot tworząc związki azotowe. Część tych związków przypada w udziale roślinie motylkowej i w ten sposób tworzy się stan symbiozy. Różne gatunki tych bakteryj wymagają różnych roślin motylkowych, np. bakterie koniczyny mogą żyć z grochem, ale nie z łubinem i seradelą. Skutkiem tego rośliny motylkowe rosną dobrze na glebie ubogiej w związki azotowe, ale tylko wtedy, jeżeli są w niej odpowiednie gatunki bakteryj z rodzaju *Rhizobium*.

Omawiane bakterie współżyją także z korzeniami niektórych drzew, np. olszy. Nie tworzą się w tym przypadku bulwki, lecz pęki silnie rozgałęzionych korzonków.

Poza bakteriami wymienionymi powyżej przyswajają wolny azot niektóre bardzo nieliczne grzyby niedoskonałe z rodzaju *Phoma*, np. gatunek żyjący w symbiozie z wrzosem.

64. PRZYSWAJANIE WĘGLA. ROŚLINY SAMOŻYWNE I CUDZOŻYWNE. Jeżeli będziemy sądzili o znaczeniu pokarmów według ich ilości, użytkowanej przez roślinę, to najważniejszym będzie węgiel, gdyż stanowi on około połowy suchej substancji roślin. Co do przyswajania tego pierwiastka występuje u roślin jaskrawa różnica. Jedne z nich, tzw. s a m o ż y w n e, przyswajają węgiel w formie dwutlenku węgla, inne natomiast, tzw. c u d z o ż y w n e, mogą go przyswajać tylko w formie związków organicznych. Ta różnica jest związana na ogół z obecnością chlorofilu nadającego roślinom samożywnym barwę zieloną. Większość roślin jest samożywna. Cudzożywnymi są tylko grzyby, bakterie, śluzowce i nieliczne rośliny nasienne, jak kanianka. Ten fakt wielkiej wagi, że zielone rośliny nie potrzebują do odżywiania gotowych substancyj organicznych, został dowiedziony przez opisane w poprzednim ustępie wodne kultury, w których rośliny takie mogą odbyć pełny cykl rozwojowy aż do kwitnienia i wydania owoców i nasion.

Obecność lub nieobecność chlorofilu nie zawsze jednak decyduje o sposobie przyswajania węgla. Jak to bowiem wykazał W i n o g r a d s k i, niektóre bakterie, np. nitryfikacyjne, przyswajają dwutlenek węgla. Co więcej, nie przyswajają one wcale związków organicznych, które działają na nie nawet trująco, jeżeli są rozpuszczalne. Są one zatem bardziej samożywne od roślin zielonych, które zadowalają się dwutlenkiem węgla, ale mogą przyswajać także związki organiczne.

To ostatnie zagadnienie jest bardzo ciekawe i wymaga osobnego omówienia. Otóż wszystkie rośliny bez wyjątku potrzebują do odżywiania związków organicznych, tylko samożywne produkują je we własnym gospodarstwie, a cudzożywne tej zdolności nie posiadają i muszą je pobierać z zewnątrz.

Jest dosyć trudno pokazać, że zielone rośliny mogą przyswajać związki organiczne, a to z powodu szerokiego rozpowszechnienia bakterii. Nie zda się na nic podlewanie grządek roztworem cukru, może to raczej zaszkodzić: bakterie rozmnożą się szybko (por. ust. 17) i spożyją cukier, zanim rośliny nasienne zdążą go pobrać. Tylko prowadząc kultury w zamkniętych naczyniach z wyłączeniem mikroorganizmów można żywić zielone rośliny cukrem i innymi substancjami organicznymi. W ten sposób udało się z nasienia rzodkiewki wyhodować roślinki, które kwitły i owocowały bez dostępu dwutlenku węgla z powietrza.

Jak to już było zaznaczone mimochodem w ust. 63, wśród cudzożywnych roślin są formy nie potrzebujące tlenu, na które tlen nawet działa zabójczo. Są to tzw. anaeroby, dosyć liczne wśród bakteryj. Poza tym rośliny potrzebują tlenu, zarówno cudzożywne jak i samożywne. Mówi się o nich, że są to aeroby.

65. PRZYSWAJANIE DWUTLENKU WĘGLA PRZEZ ROŚLINY ZIELONE. Roślinami zielonymi będziemy nazywali wszystkie rośliny, posiadające chlorofil, bez względu na ich zabarwienie. Jak już wiemy, u wielu roślin niższych razem z chlorofilem wytwarzają się dodatkowe barwiki, które mogą nawet zupełnie zamaskować zieloną barwę chlorofilu. W naturalnych warunkach rośliny zielone przyswajają węgiel prawie wyłącznie w formie dwutlenku. Jest on pobierany przez rośliny lądowe z powietrza, przez wodne — z otaczającego wodnego środowiska. Z uwagi na ich większe znaczenie ograniczymy się do roślin lądowych i to głównie nasiennych.

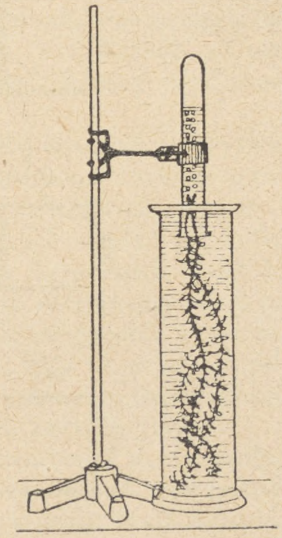
Przyswajanie dwutlenku węgla jest procesem bardzo złożonym. Biorą w nim udział także woda i chlorofil. Następują przemiany tych substancji, przy czym najmniej zmienia się chlorofil. O tym, jak się one odbywają, nie wiemy jeszcze dokładnie. W chlorofilu jest czynny magnez, który posiadając własności zasadowe wiąże dwutlenek węgla, mający własności kwasowe. W rezultacie przyswajania dwutlenku węgla tworzy się prosty cukier o wzorze $C_6H_{12}O_6$, tlen i odtwarza się chlorofil. Można zatem przedstawić ten proces za pomocą równania:

$$6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{chlorofil} + 674\,\text{kal.} = C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + \text{chlorofil}.$$

Wytworzony cukier jest glukozą, przynajmniej w części. Nie jest on widoczny z powodu rozpuszczenia w wodzie. Pierwszym widocznym produktem przyswajania dwutlenku węgla jest skrobia, która tworzy się z glukozy w ciałkach zieleni. Daje się ona łatwo uwidocznić za pomocą rotworu jodu. Nie trzeba do tego badania mikroskopowego — wystarczy wyługować z liścia chlorofil alkoholem i włożyć go do roztworu jodu. Zależnie od zawartości skrobi, wytworzy się mniej lub więcej ciemne,

niebieskawe zabarwienie. Skrobia w ciągu nocy znika, przemieniając się z powrotem w glukozę, która jest z liści odprowadzona przez tkankę sitową do innych części rośliny. Dzieje się to dlatego, że, jak zobaczymy poniżej, rośliny zielone przyswajają dwutlenek węgla tylko na świetle. Z tego powodu rano liście nie zawierają skrobi zupełnie lub zawierają bardzo mało, gromadzi się ona stopniowo w ciągu dnia.

Wytworzony przy asymilacji dwutlenku węgla tlen wydziela się na zewnątrz, co pozwala uwidocznić omawiany proces. Najwygodniej jest wziąć jakąkolwiek wodną roślinę nasienną, np. moczarkę kanadyjską i umieścić ją dolnym końcem pod odwróconą próbówkę z wodą (ryc. 251). Jeżeli teraz naświetlić silnie roślinę wystawiając przyrząd na działanie pełnego słońca lub silnej lampy, to z końca łodygi będą się wydzielały pęcherzyki gazu, który zbierze się w probówce. Tlejąca drzazga zapala się w nim płomieniem, co wskazuje na dużą zawartość tlenu.

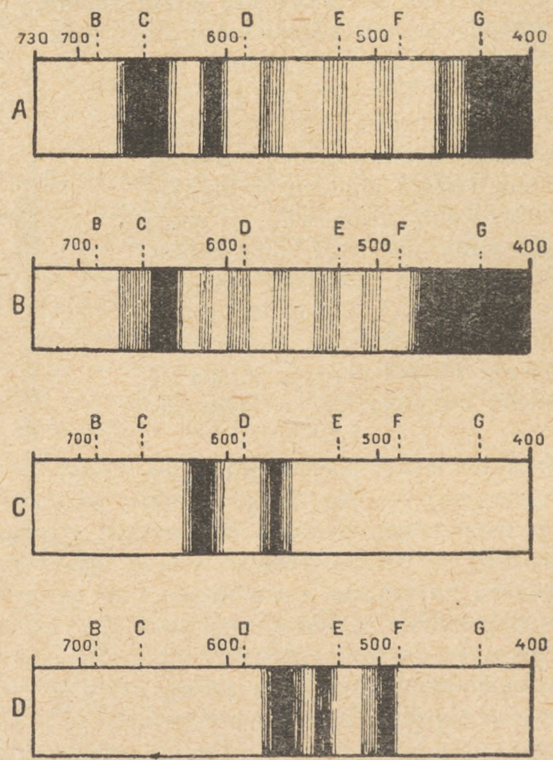


Ryc. 251. Wydzielanie pęcherzyków gazu przez pęd moczarki (*Elodea canadensis*) na świetle. — Według N o l l a

Opisane doświadczenie jest bardzo cenne, bo wskazuje m. in. na rzecz wielkiej wagi — na udział światła w omawianym procesie. Pęcherzyki gazu wydzielają się obficie tylko w świetle i to tym obficiej, im światło jest silniejsze. Tę rolę światła można także wykazać przy pomocy tzw. p r ó b y j o d o w e j. Jak już widzieliśmy, asymilacja dwutlenku węgla prowadzi do wytworzenia skrobi. Otóż można pokazać, że skrobia tworzy się w liściach tylko na świetle. W tym celu trzeba jakikolwiek większy liść przykryć poprzedniego dnia czarnym papierem, aby skrobia w nim znikła. Następnie przykrywa się liść takim samym papierem, ale z wycięciami i wystawia się roślinę na światło. Po kilku godzinach za pomocą roztworu jodu można wykazać, że skrobia wytworzyła się tylko w miejscach odpowiadających wycięciom w papierze.

Udział światła w przyswajaniu dwutlenku węgla przez rośliny zielone polega na dostarczeniu energii, potrzebnej do wytworzenia cukrów. Jest to bowiem proces endotermiczny, jak wszystkie procesy przyswajania pokarmów (dla syntezy 1 cząsteczki cukru potrzeba 674 kal.). Energia światła jest chwytana przez chlorofil i zostaje zamagazynowana w wytworzonych cukrach w formie energii chemicznej. Teraz możemy zrozumieć, dlaczego ten proces odbywa się tylko na świetle i jakie znaczenie ma barwa rośliny. U roślin niższych obok chlorofilu są przy tym czynne niektóre przynajmniej barwiki dodatkowe, np. czerwony i błękitny barwik krasnorostów i sinic.

Zielona barwa chlorofilu wskazuje na to, że pochłania on różne składowe promienie światła: zielone są pochłaniane słabo, czerwone i błękitne silnie (ryc. 252). Stosownie do tego i rola tych różnych promieni w procesie przyswajania jest różna. Największe znaczenie mają promienie




Ryc. 252. Widma pochłaniania barwików roslinnych: *A* chlorofil *a*, *B* chlorofil *b*, *C* fikocyjanina (błękitny barwik krasnorostów i sinic), *D* fikoerytryna (czerwony barwik tych samych co poprzednio roślin). —. Według Willstättera, Stolla i Kostyczewa

czerwone i położone obok nich w widmie promieni żółte. Są one nie tylko silnie pochłaniane przez chlorofil, ale nadto z ogólnej energii promieniowania słonecznego przypada na nie największa jej część, znacznie więcej w szczególności, niż na promienie błękitne i zbliżone do nich fiołkowe. Nieco inaczej jest u roślin mających dodatkowe barwiki, np. krasnorosty zużytkowują lepiej promienie zielone, silnie pochłaniane przez barwiki czerwony i błękitny.

Przyswajanie dwutlenku węgla przez rośliny zielone pociąga za sobą charakterystyczną wymianę gazów między nimi a otoczeniem — atmosferą — jeśli chodzi o rośliny lądowe. Pochłaniany jest dwutlenek węgla, wydzielany tlen. Odbywa się to w drodze dyfuzji przez szparki oddechowe. Przenikanie gazów przez skórę nie odgrywa żadnej roli sku-

tkiem słabej przepuszczalności nabłonka — jeśli nie liczyć skrajnych hygrofitów o słabym nabłonku. Szersze rozwarcie szparek pozwala naturalnie roślinie pobrać więcej dwutlenku węgla. Dlatego też susza, powodująca ich zwężenie, pomniejsza ilość wytworzonych substancji organicznych. Stwarza się w ten sposób antagonizm między zaopatrywaniem rośliny w wodę a produkcją substancji organicznych: im bardziej roślina chroni swoje zapasy wody, tym bardziej osłabia produkcję niezbędnych do życia substancji organicznych. Różne rośliny, w zależności od warunków klimatycznych, różnie stwarzają kompromis między tymi przeciwstawnymi dążnościami.

Mierząc ilość pobranego dwutlenku węgla można obliczyć, ile wytwarza się w roślinie substancji organicznych. Dla uproszczenia można przyjąć, że tworzą się tylko cukry albo skrobia. Trzeba jednak przy tym mieć na uwadze, że roślina zużytkowuje dwutlenek węgla nie tylko pobrany z atmosfery, lecz także wytworzony w komórkach skutkiem oddychania. Rzeczywiste natężenie przyswajania otrzymamy dodając obie te ilości dwutlenku węgla. Często jednak nie uwzględnia się oddychania zadowalając się natężeniem p o z o r n y m. Ma to swoje uzasadnienie wtedy, kiedy chodzi tylko o przyrost ilości substancji organicznych w roślinie, a nie o dokładniejsze zbadanie procesu asymilacyjnego.

Można także mierzyć natężenie przyswajania dwutlenku węgla według przyrostu wagi liści. Nie wdając się w szczegółowy wykład tych metod, warto jest przytoczyć niektóre wyniki. I tak dla klimatu środkowoeuropejskiego w lecie otrzymano dla natężenia asymilacji rzeczywistej, a więc z uwzględnieniem oddychania, następujące liczby w *g* wyprodukowanej substancji na $dcm^2$ liści na 10 godzin.

| | |
|---|---|
| Grzybień | 0.237 |
| Słonecznik | 0.182 |
| Tytoń | 0.138 |
| Tulipan | 0.127 |
| Cebula | 0.120 |
| Storczyk | 0.076 |

Widzimy tu różnice znaczne, trzykrotne przy porównaniu krańcowych przypadków. Najmniejsze wartości wykazują przedstawiciele liliowych i storczyków. Jest to fakt ciekawy, gdyż w związku ze słabym przyswajaniem dwutlenku węgla u ostatnio wymienionych roślin, nie tworzy się u nich w liściach skrobia. Wystarczy jednak włożyć te liście do roztworu glukozy, by się ona wytworzyła. Skrobia zatem tworzy się tylko przy dużej koncentracji cukrów.

Natężenie asymilacji dwutlenku węgla zależy oczywiście także od warunków zewnętrznych. Nie zawsze są one korzystne. Przede wszystkim rośliny mają trudności w zaopatrywaniu się w dwutlenek węgla, a to z powodu małej jego zawartości w powietrzu. Powietrze mianowicie ma zaledwie około 0,03% objętości dwutlenku węgla, co daje około 0,5 *g* na $m^3$.

Tylko dzięki wielkiej objętości atmosfery i ciągłych w niej ruchów przynoszących coraz to nowe masy powietrza, rośliny mogą być jako tako zaopatrzone. Zwiększenie koncentracji dwutlenku węgla w powietrzu wzmaga przeto jego asymilację. Jest to jedna z przyczyn powodujących silniejszy wzrost roślin w inspektach, w których z nawozu wydziela się ciągle dwutlenek węgla, wytwarzany w procesach butwienia nawozu. Zresztą nawet ze zwykłej gleby wydziela się ustawicznie ten gaz, wytwarzany w niej w podobny sposób i to nawet w pokaźnych ilościach, wynoszących średnio około 0,4 *g* na godzinę, na metr kwadratowy powierzchni. Przyziemne pędy są przeto lepiej zaopatrzone od wyżej położonych.

Następnie bardzo silny wpływ wywiera oczywiście temperatura i to w taki sam sposób, jak na wszystkie inne czynności fizjologiczne. Poniżej zera asymilacja odbywa się tylko wyjątkowo i to w bardzo słabym stopniu. Przy podniesieniu temperatury ponad zero natężenie przyswajania wzrasta z początku silnie, potem coraz słabiej, przy pewnej temperaturze optymalnej osiąga najwyższy poziom i przy wyższych jeszcze temperaturach szybko słabnie.

Natężenie światła działa również. Na miejscach otwartych roślina ma nadmiar energii promienistej, co nie jest dziwne z uwagi na słabe zaopatrzenie w dwutlenek węgla. Natomiast w miejscach zacienionych, m in. w lasach, światła jest za mało i asymilacja odbywa się tam słabiej. Wiele roślin przeto nie może rosnąć w cieniu, mimo że gospodarka wodna jest w tych warunkach łatwiejsza.

Na asymilację dwutlenku węgla wpływa poza tym zaopatrzenie rośliny w sole mineralne. Tylko przy należytej ich ilości asymilacja odbywa się w pełni.

Wreszcie gospodarka wodna ma wielkie znaczenie — małe plony w latach suszy są powszechnie znanym tego objawem. Mówiliśmy już, jak się to dzieje. Susza powoduje zwężenie się szparek zmniejszając w ten sposób dopływ dwutlenku węgla. Nadto zmniejszenie zawartości wody w roślinie hamuje wszystkie czynności życiowe, a więc także produkcję substancji organicznych.

Przyswajanie dwutlenku węgla przez zielone rośliny jest procesem ogromnej wagi dla życia na ziemi. Jest to, praktycznie biorąc, jedyne źródło związków organicznych, gdyż bakterie samożywne produkują ich bardzo mało. Wszystkie inne rośliny oraz zwierzęta żyją kosztem tego źródła. Ilości produkowanych przez rośliny zielone substancji organicznych są znaczne: w Europie rośliny uprawne dają 6—8 tysięcy *kg* na hektar, w krajach tropikalnych, wobec nieprzerwanej wegetacji, znacznie więcej — do 35 tysięcy.

POKAZY. Łatwo daje się zaobserwować, jak wydziela się gaz z pędów elodei. Tak samo łatwa jest próba jodowa.

66. PRZYSWAJANIE DWUTLENKU WĘGLA PRZEZ SAMOŻYWNE ROŚLINY BEZZIELENIOWE. Wielką zasługą Winogradskiego jest wykazanie, że dwutlenek węgla może być przyswajany przez rośliny nie zawierające chlorofilu. Proces ten pozostaje zawsze endotermiczny, tylko w danym wypadku źródło energii jest inne. Zamiast energii światła wykorzystywana jest energia chemiczna. Nie jest to energia wolna, jak w świetle, lecz związana i musi być przedtem uwolniona. Odbywa się to przez utlenienie różnych substancji, przeważnie nieorganicznych, jak amoniak, siarkowodór, metan, wodór itp.

Bezzieleniowych roślin przyswajających dwutlenek węgla jest bardzo mało. Należą one wszystkie do bakterii. Najważniejsze z nich to bakterie nitryfikacyjne. Nazwa ta pochodzi od znanego od dawna procesu nitryfikacji — przemiany soli amonowych na azotany. Korzystano dawniej z niego do wyrobu saletry mieszając odpadki zwierzęce z piaskiem, popiołem, wapnem i wyługowując po pewnym czasie tę mieszaninę. Zauważono przy tym, że saletra nie tworzy się, jeżeli wspomnianą mieszaninę silnie ogrzać. Winogradski wykazał, że nitryfikacja składa się z dwóch procesów powodowanych przez dwa rodzaje bakterii. Zaczyna się ona od utlenienia amoniaku na kwas azotowy według równania:

$$2\,NH_3 + 3\,O_2 = 2\,HNO_2 + 2\,H_2O,$$

przy czym uwalnia się 79 kilogramowych kalorii na każdą gramodrobinę amoniaku. Proces jest powodowany w Starym Świecie przez bakterie z rodzaju *Nitrosomonas* mające postać owalnych komórek z licznymi rzęskami, w Ameryce natomiast przez drobne kuliste bakterie z rodzaju *Nitrosococcus.*

Kwas azotawy jest następnie utleniany na kwas azotowy według równania:

$$2HNO_2 + O_2 = 2HNO_3,$$

przy czym uwalnia się 21 kilogramowych kalorii na każdą gramodrobinę kwasu azotawego. Proces ten jest powodowany wszędzie przez bardzo drobne laseczkowate bakterie z rodzaju *Nitrobacter.*

W obu wypadkach wymienione bakterie zużytkowują uwolnioną energię do przyswajania dwutlenku węgla. Dowodzą tego kultury ich w pożywkach, nie zawierających żadnych substancji organicznych, np. w pożywce, zestawionej przez Winogradskiego:

| | |
|---|---|
| Woda z Zurychskiego jeziora | 1000 *g* |
| Siarczan amonu | 1 „ |
| Fosforan potasu | 1 „ |
| Zasadowy węglan magnu | 5 „ |

Omawiane bakterie doskonale rosną i rozmnażają się w podobnych pożywkach — giną jednak, jeżeli się wstrzyma dostęp dwutlenku węgla do kultur.

Oprócz bakterii nitryfikacyjnych przyswajają dwutlenek węgla bakterie siarczane utleniające siarkowodór — metanowe, utleniające metan i niektóre inne. Przebieg procesu asymilacyjnego u wszystkich tych bakterii nie jest jeszcze zbadany.

67. PRZYSWAJANIE ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH. Jak to już było podane powyżej w ust. 64, rośliny cudzożywne nie posiadają zdolności wytwarzania związków organicznych z dwutlenku węgla i muszą je pobierać z otoczenia. Wykorzystują one bądź gnijące resztki organizmów w glebie, bądź też wysysają soki z żywych roślin lub zwierząt. W pierwszym wypadku są to roztocza, w drugim pasożyty: Odżywianie pasożytów mało jest znane, gdyż bardzo często nie dają się one hodować na sztucznych pożywkach. Dlatego zajmiemy się głównie roztoczami.

Rośliny cudzożywne mają sposób odżywiania podobny do zwierząt, którym również potrzeba gotowych substancji organicznych. Zachodzi jednak między nimi poważna różnica w związku z pokarmami azotowymi. Zwierzętom potrzeba azotu w formie organicznej, rośliny mogą zadowalać się związkami nieorganicznymi tego pierwiastka. Na przykład pleśnie rosną dobrze na pożywce Raulina, która zawiera na 1500 *g* wody następujące składniki:

| | | |
|---|---|---|
| Cukier trzcinowy | 70.0 | *g* |
| $NH_4\ NO_3$ | 4.0 | „ |
| $NH_4\ H_2\ PO_4$ | 0.6 | „ |
| $Mg\ SO_4$ | 0.4 | „ |
| $K_2\ CO_3$ | 0.60 | „ |
| $(NH_4)_2\ SO_4$ | 0.25 | „ |
| $Fe\ SO_4$ | 0.07 | „ |
| $Zn\ SO_4$ | 0.07 | „ |

Pożywka ta zawiera azot w formie soli amonowych, które są doskonale przyswajane. Gorszym pokarmem azotowym są azotany. Niektóre rośliny cudzożywne w ogóle nie mogą się nimi żywić, w przeciwieństwie do zielonych roślin, dla których na ogół sole amonowe i azotany są równie korzystne.

Z podanego powyżej ogólnego prawidła, że rośliny zadowalają się nieorganicznymi pokarmami azotowymi, są pewne wyjątki. Niektórym bakteriom chorobotwórczym, a więc pasożytom, np. zarazkowi gruźlicy, potrzeba organicznych związków azotowych. Nawet wśród roztoczy są takie wyjątki, jakimi są np. bakterie kwasu mlecznego, powodujące kwaśnienie mleka, kiszenie kapusty i inne podobne procesy.

Podana powyżej pożywka Raulina zawiera cukier trzcinowy. Jest to doskonały pokarm dla roślin cudzożywnych. W ogóle cukry są dla nich najlepszymi pokarmami. Mogą być przyswajane także i niektóre inne związki, jak mannit, kwas winny, gliceryna, tłuszcze itp., ale dają one mniejsze przyrosty suchej masy. Niektórym wreszcie roślinom cudzo-

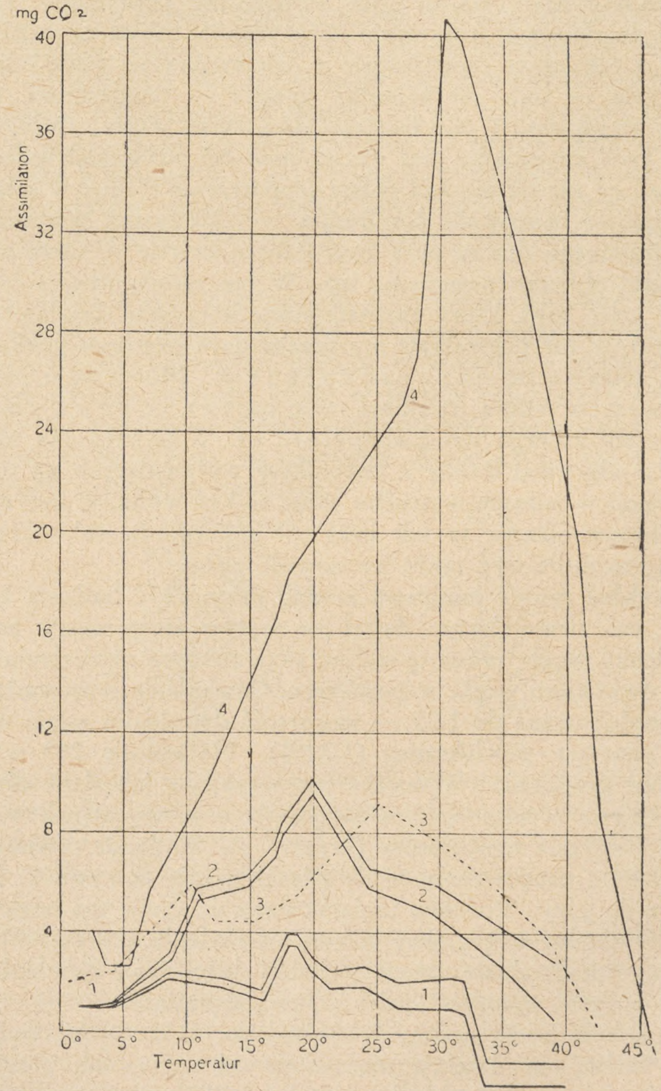
żywnym trzeba ściśle określonych związków organicznych — na przykład aerobowa bakteria *Spirochaeta cytophaga* może się żywić tylko celulozą. Są to tzw. specjaliści.

68. PRAWO MINIMUM. Jak widzieliśmy poprzednio, jest wiele czynników działających korzystnie na produkcję substancji organicznych w roślinie. I tak lepsze zaopatrzenie w sole mineralne, wodę i dwutlenek węgla, wyższa — byle nie zanadto wysoka — temperatura, silniejsze oświetlenie przyspieszają przyswajanie dwutlenku węgla. Otóż działanie każdego z tych czynników jest uzależnione od wszystkich pozostałych. Na przykład na nic się nie zda obfite zaopatrzenie rośliny w sole potasowe, jeżeli będzie brakowało fosforanów — korzystna temperatura nie wywrze pożądanego skutku przy zbyt słabym świetle — susza może zniweczyć skutki obfitego nawożenia itp. W ten sposób zawsze jest wśród czynników jeden taki, który powstrzymuje korzystne działanie wszystkich pozostałych nie pozwalając mu przekroczyć pewnego poziomu. Taki czynnik nazywa się ograniczającym. Mówi się o nim także, że jest w minimum, a działania takie nazywa się prawem minimum, autorem którego jest Liebig (1840 r.). Rolę czynnika ograniczającego może odgrywać każdy z czynników wpływających na produkcję masy roślinnej: w jednym wypadku może to być woda, w innym temperatura, w innym jeszcze ta lub inna sól pokarmowa itd. Czynnikiem ograniczającym może być także kwasowość gleby.

Jako przykład prawa minimum można przytoczyć badania Lundegardha nad ziemniakiem. Badał on wpływ temperatury na asymilację dwutlenku węgla przez tę roślinę przy różnym oświetleniu i różnej zawartości dwutlenku węgla w powietrzu. Oświetlenie wprowadzał pełne dzienne i zredukowane do 1/25 — zawartość dwutlenku węgla normalną (0,03%) i znacznie powiększoną (1,22%). Na rycinie 253 wyniki są przedstawione graficznie. Widoczne jest wyraźnie, jak słabe oświetlenie przy normalnym, a więc słabym zaopatrzeniu w dwutlenek węgla powstrzymuje działanie temperatury (krzywa 1). Silniejsze oświetlenie nawet przy słabym zaopatrzeniu w dwutlenek węgla (krzywa 2) już podnosi krzywą do góry. Podobne umiarkowane działanie ma większa koncentracja dwutlenku węgla przy słabym oświetleniu (krzywa 3). Natomiast jednoczesne działanie silnego światła i dużej ilości dwutlenku węgla (krzywa 4) podnosi znacznie silniej krzywą asymilacji.

Ostatnio jednak wielu uczonych stwierdziło, że czynniki, wpływające na rozwój roślin, nie działają niezależnie od siebie, jak przypuszczał Liebig, ale istnieją między nimi bardzo skomplikowane związki. Roślina różnie reaguje w zależności od stosunku między tymi czynnikami. Np. wymaganie roślin co do składników pokarmowych w dużym stopniu zależy od warunków klimatycznych, w szczególności od wilgotności; zwiększenie dawki azotu zwiększa jednocześnie potrzebę fosforu i potasu u roślin.

Dla uzyskania większej ilości organicznej substancji nie wystarczy zwiększyć tylko czynnik znajdujący się w minimum, ale należy także zmienić odpowiednio i inne czynniki.




Ryc. 253. Zależność przyswajania dwutlenku węgla przez ziemniaki od temperatury: 1) przy 1/25 światła dziennego i przy 0,03% $CO_2$, 2) przy pełnym świetle dziennym i 0,03% $CO_2$, 3) przy świetle 1/25 i 1,22% $CO_2$ i 4) przy pełnym świetle i 1,22% $CO_2$. Dla przypadków 1 i 2 podana jest asymilacja pozorna, to znaczy bez uwzględnienia oddychania (dolna krzywa) i rzeczywista — z uwzględnieniem oddychania (górna krzywa), dla przyrządów 3 i 4 tylko asymilacja pozorna. — Według L u n d e g a r d h a

69. ZESTAWIENIE. Na podstawie poprzednich ustępów zrobić można następujące zestawienie różnic w odżywianiu roślin.

Samożywnym roślinom zielonym potrzeba następujących pokarmów: wody, soli mineralnych, dwutlenku węgla i tlenu. Co do wody, trzeba poza tym pamiętać, że tylko niewielka jej część jest użytkowana, reszta zaś stanowi składnik środowiska wodnego rośliny. Podobnie tlen tylko w nieznacznej części jest przyswajany. Główną rolą jego jest udział w oddychaniu, o czym będzie jeszcze mowa. Te zastrzeżenia co do wody i tlenu odnoszą się również do wszystkich innych roślin. Dwutlenek węgla jest przez zielone rośliny przyswajany za pomocą energii świetlnej, inne zaś pokarmy za pomocą energii uwalnianej przez oddychanie. Rośliny te mogą także pobierać i przyswajać substancje organiczne.

Samożywne rośliny bezzieleniowe korzystają z tych samych pokarmów, co zielone. Przyswajają one tylko dwutlenek węgla inaczej — za pomocą energii nie świetlnej, lecz chemicznej, uwalnianej przez utlenianie pewnych substancji, jak amoniak, siarkowodór itp. Te substancje są dla nich niezbędne, ale nie jako pokarmy, ponieważ nie są przyswajane ani przerabiane na inne, bardziej złożone, wchodzące w skład ich ciała. Substancji organicznych samożywne rośliny bezzieleniowe przyswajać nie mogą. Substancje te rozpuszczone w wodzie działają na nie trująco.

Wreszcie roślinom cudzożywnym trzeba do odżywiania wody, soli mineralnych, związków organicznych oraz tlenu, ale nie wszystkim. Niektóre z nich przyswajają wolny azot. Przyswajanie odbywa się całkowicie kosztem energii uwalnianej w procesach oddychania lub fermentacji, jak o tym będzie obszernie mowa w rozdziale VI.

ROZDZIAŁ III

# PRZEMIANY MATERII W ROŚLINACH

70. OGÓLNE UWAGI. W roślinach odbywają się nieustannie najróżnorodniejsze przemiany chemiczne związane z procesami życiowymi roślin. W wyniku przemian chemicznych powstają różne związki, często złożone aż do najbardziej złożonych, jakimi są ciała białkowe. Jest to bardzo dziwna fabryka chemiczna, bo pracuje przy stosunkowo niskich temperaturach, podczas gdy w zakładach przemysłowych stosuje się często bardzo wysoką temperaturę. Fabryka to zarazem nadzwyczajnie rozbudowana, bo w obrębie tej samej komórki odbywają się na bardzo ograniczonej przestrzeni różne przemiany i tworzą się różne substancje.

Przemiany materii u roślin odbywają się zwykle przy współudziale ciał regulujących, tzw. k a t a l i z a t o r ó w, czyli substancji, które po-

zornie nie biorą w nich udziału, ale przyspieszają ich przebieg. W istocie przetwarzają się one także, ale później odtwarzają i znowu biorą udział w reakcji. W ten sposób niewielka ich ilość wywiera silne działanie. Katalizatory, działające w komórkach, są bardzo osobliwe, jak to zobaczymy w następnym ustępie. Są to f e r m e n t y, czyli e n z y m y i w i t a m i n y wytwarzane przez protoplazmę. Mogą być z niej wyosobnione i dzięki temu można było je poddać badaniu. Oprócz fermentów i witamin istnieją jeszcze inne katalizatory, tzw. hormony, które mają duży wpływ na zjawisko wzrostu (p. niżej).

71. FERMENTY. Te osobliwe katalizatory mogą być wyosobnione z komórek w sposób następujący: Komórki lub ich zespoły — tkanki — poddaje się z początku działaniu substancji, które zabijają protoplazmę nie szkodząc fermentom. Można do tego użyć chloroformu, tymolu, toluolu itp. substancji. Następnie trzeba porozrywać błony komórkowe przez rozcieranie piaskiem, gdyż fermenty, będące ciałami koloidalnymi, nie przenikają przez nie. Otrzymaną w ten sposób miazgę wyługowuje się wodą albo wodnym roztworem gliceryny. Fermenty przechodzą wtedy do roztworu wraz z niektórymi innymi składnikami protoplazmy i otrzymuje się tzw. p r e p a r a t e n z y m a t y c z n y. Enzymy są nieraz mocno związane z komórką i trzeba używać bardziej złożonych metod, zwłaszcza jeżeli chodzi o fermenty nierozpuszczalne w wodzie.

Dla bliższego zbadania fermentów trzeba preparaty enzymatyczne oczyszczać od domieszek.

Przez dłuższy czas uważano, że czynniki wywołujące fermentację przyczepione są w jakiś sposób do cząsteczki białka, zanim okazało się, że fermenty same są białkami posiadającymi własności katalityczne.

Własności katalityczne posiadają białka enzymów najczęściej dzięki przyłączeniu specjalnej grupy chemicznej, tzw. „grupy aktywnej". Jest to zwykle substancja o niewielkiej drobinie, którą można odszczepić od białka enzymu. Białko fermentu, pozbawione grupy aktywnej, przestaje być fermentem. Również odłączona od białka „grupa aktywna" nie posiada własności enzymatycznych.

W skład wielu „grup aktywnych" wchodzi żelazo, które posiada, podobnie jak wiele innych metali, własności katalityczne. „Grupami aktywnymi" pewnych enzymów są także niektóre witaminy.

Od „grupy aktywnej" zależy, jaką reakcję chemiczną dany enzym przyspiesza katalitycznie; niektóre enzymy, jak np. pepsyna, nie posiadają „grupy aktywnej", dającej się odszczepić. Ich działalność katalityczna związana jest z budową samej drobiny białka.

Cechą charakterystyczną działania fermentów (enzymów) jest to, iż każdy z nich przyspiesza tylko pewne reakcje chemiczne nie wpływając na przebieg innych. Wymownym przykładem będą tu fermenty h y d r o l i z u j ą c e, to znaczy przyspieszające h y d r o l i z ę, rozkład połączony z uwodnieniem. Otóż tego rodzaju fermenty, czynne w przemianach cu-

krów, nie działają na tłuszcze i ciała białkowe. Nawet tak podobne cukry, jak trzcinowy (sacharoza) i słodowy (maltoza), oba o tym samym sumarycznym wzorze $C_{12}\ H_{22}\ O_{11}$, mają „swoje" fermenty: dla pierwszego jest to sacharaza nie działająca na maltozę, dla drugiego — maltaza, nie działająca na sacharozę. Porównywano fermenty do kluczy, które otwierają jeden tylko zamek. Takiej wyłączności w działaniu nie mają inne katalizatory, np. kwasy — ściślej mówiąc, wytworzone w ich roztworach jony $H^+$ przyspieszają hydrolizę tak sacharozy, jak i maltozy, a także tłuszczów i ciał białkowych.

Drugą specyficzną własnością fermentów jest ich wrażliwość na temperaturę. Im temperatura jest wyższa, tym działanie fermentów jest silniejsze, ale tylko do pewnej temperatury optymalnej. Powyżej tej temperatury działanie słabnie szybko, aż wreszcie ustaje zupełnie i po oziębieniu nie wraca — ferment zostaje zniszczony. Na przykład amylaza (diastaza), ferment działający na skrobię, najsilniej działa przy $63^0\ C$, zostaje zniszczony przy $85^0$. Mamy tu zjawisko podobne do wpływu temperatury na przebieg większości czynności fizjologicznych, tylko temperatura optymalna jest znacznie wyższa.

Silny wpływ na fermenty wywierają różne czynniki chemiczne, a przede wszystkim kwasowość środowiska. W środowisku zbyt kwaśnym, jak również w zbyt zasadowym, nie działają one. Dla każdego fermentu istnieje pewne optimum kwasowości, przy którym działanie jest najsilniejsze. Dla sacharazy jest ono $pH = 4,2$, dla maltazy 6,2 itp. Substancje trujące dla żywych istot, jak sole ciężkich metali, kwas pruski itp. działają hamująco na aktywność fermentów — znowu podobieństwo do żywych organizmów.

Fermenty, podobnie jak inne katalizatory, przyspieszają reakcje w obu kierunkach. Na przykład diastaza, czynna podczas przemiany skrobi na cukry, działa także wtedy, kiedy z tych cukrów powstaje skrobia. Ten czy inny kierunek przemiany zależy od różnych warunków, przede wszystkim od stanu, w jakim znajdują się fermenty w żywej protoplazmie, m. in. i koncentracja substancji, biorących udział w reakcji, gra pewną rolę: np. kiedy jest mało cukrów, znika skrobia — przy silnej ich koncentracji tworzy się na nowo.

Ilość wody zawartej w żywych komórkach także wpływa na kierunek działania fermentów.

Przy zmniejszającej się ilości wody przeważają procesy hydrolizy, przy większym nasyceniu wodą fermenty działają w kierunku syntezy.

Fermenty są bardzo różne. Nawet w tej samej komórce może być ich wielka rozmaitość; z drożdży np. wydzielono dziewięć różnych fermentów! Najważniejszymi z nich są fermenty hydrolizujące, o których już była poprzednio mowa. Hydroliza odgrywa bardzo ważną rolę w życiu roślin. Na przykład cukier trzcinowy (sacharoza) hydrolizuje według równania:

$$C_{12}\ H_{22}\ O_{11} + H_2O = C_6\ H_{12}\ O_6 + C_6\ H_{12}\ O_6,$$

tworząc z każdej drobiny dwie mniejsze drobiny: glukozę i fruktozę, mające ten sam wzór sumaryczny. Istnieją także fermenty, przyspieszające procesy rozkładu, inne, niż hydroliza, np. zymaza działają przy reakcji

$$C_6 H_{12} O_6 = 2C_2 H_5 OH + 2CO_2,$$

w której glukoza lub inny podobny cukier rozkłada się na alkohol etylowy i dwutlenek węgla. Utlenianie w komórkach jest potęgowane przez tzw. oksydazy. Są jeszcze inne fermenty. O wielu fermentach będzie jeszcze mowa w następnych ustępach.

Witaminy są to substancje odgrywające wielką rolę obok fermentów w przemianie materii w procesach życiowych organizmu. Potrzebują tych witamin, chociaż w bardzo małych ilościach, zarówno rośliny jak i zwierzęta.

Rośliny mają zdolność ich wytwarzania, zwierzęta zaś tej zdolności nie posiadają. Brak witamin u człowieka wywołuje poważne zaburzenia chorobowe, jak krzywicę kości, szkorbut itp. Dlatego też pokarmy roślinne są tak ważne dla ludzi i zwierząt jako pokarmy „witaminowe".

W ciągu długiego okresu czasu nie udawało się zbadać chemicznego składu witamin. Z tego też powodu nie dawano im specjalnych nazw, a określano tylko literami, jak: A, B, C, D, E.

Ostatnio poznano już skład chemiczny i budowę wielu witamin. Tak np. witamina C (zapobiegająca chorobie szkorbutu) jest to kwas askorbinowy, składający się tylko z węgla, tlenu i wodoru.

Witamina B oprócz tych trzech składników posiada jeszcze azot i siarkę. Wchodzi ona jako „grupa aktywna" w skład enzymu, karboksylazy, który odszczepia $CO_2$ w czasie fermentacji i oddychania. Brak witaminy B narusza normalną działalność karboksylazy, uniemożliwia oddychanie i powoduje najcięższe zaburzenia chorobowe (choroba beri-beri).

Witamina B znajduje się w stosunkowo dużych ilościach w drożdżach, ziarnie roślin zbożowych, w jarzynach i owocach.

Oprócz witamin B i C, które są rozpuszczalne w wodzie, istnieją inne witaminy w wodzie nie rozpuszczalne, a rozpuszczające się w tłuszczach, jak witaminy A i D.

Brak witaminy A wywołuje chorobę rogówki oka, która prowadzi często do ślepoty. Brak zaś witaminy D — powoduje krzywicę kości.

72. WĘGLOWODANY. Bardzo ważną rolę w życiu roślin odgrywają substancje noszące nazwę węglowodanów, z której wynikałoby, że są połączeniem węgla z wodą. Tak to wygląda, gdyż w drobinie ich znajduje się dwa razy więcej atomów wodoru niż tlenu, jak to widać na przykład ze wzoru cukru trzcinowego lub glukozy. W istocie są to wieloatomowe alkohole, a zarazem aldehydy lub ketony. Prostsze z nich są rozpuszczalne w wodzie i mają smak słodki: są to cukry.

Najważniejsze węglowodany to h e k s o z y, zawierające w swoich drobinach sześć albo wielokrotną sześciu atomów węgla. Najprostsze z nich, tzw. m o n o z y, o wzorze sumarycznym $C_6 H_{12} O_6$. Z nich u roślin występują cztery: g l u k o z a czyli c u k i e r g r o n o w y, f r u k t o z a, m a n n o z a i g a l a k t o z a. Najważniejsze z nich to glukoza i fruktoza, powstające przy asymilacji dwutlenku węgla. Są one gromadzone czasem przez rośliny, np. w cebulach, jagodach, owocach. Pozostałe monozy występują w niewielkich ilościach, biorą natomiast udział w tworzeniu niektórych złożonych węglowodanów.

Bardziej złożone cukry powstają z wymienionych prostych przez połączenie ich drobin w drobiny większe z wydzieleniem wody — jest to proces odwrotny do hydrolizy. I tak przez połączenie dwóch drobin w jedną tworzą się b i o z y, trzech w jedną — t r i o z y, wielu w jedną p o l i o z y.

Biozy mają ogólny wzór $C_{12} H_{22} O_{11}$. U roślin znajdujemy trzy takie związki. Najczęściej spotyka się s a c h a r o z ę, czyli cukier trzcinowy, powstający przez połączenie glukozy z fruktozą, grający nieraz rolę materiału zapasowego, np. w korzeniach buraków. Raczej przejściowo, głównie przy hydrolizie skrobi, występuje m a l t o z a, której drobiny składają się z dwóch drobin glukozy. T r e h a l o z a, złożona także z samej tylko glukozy, ale o innej budowie drobiny, zastępuje inne biozy u grzybów. Wszystkie te biozy hydrolizują się łatwo, dając odpowiednie monozy. W komórkach są przy tym czynne specyficzne fermenty s a c h a r a z a, m a l t a z a i t r e h a l a z a, których nazwy wywodzą się z nazw odnośnych cukrów przez zamianę końcówki o z a na a z a.

Pomijając bardziej złożone cukry, przechodzimy do p o l i o z, mających wzór $(C_6 H_{10} O_5)$ n, gdzie *n* jest bardzo duże. Tu przede wszystkim trzeba rozpatrzyć s k r o b i ę. Jak już wiemy z ust. 3, jest to substancja o wielkich drobinach, nierozpuszczalna w zimnej wodzie. W gorącej pęcznieje i rozpuszcza się dając lepki roztwór, zwany klajstrem. Z jodem daje charakterystyczne zabarwienie niebieskie, znikające przy ogrzewaniu. Hydroliza tego węglowodanu w roślinach odbywa się w dwu etapach. Z początku tworzy się maltoza, następnie maltoza przemienia się w glukozę. Stosownie do tego są czynne w tym procesie „scukrzania" skrobi dwa fermenty: z początku a m y l a z a (d i a s t a z a), a następnie m a l t a z a. Pod działaniem kwasów następuje od razu przemiana na glukozę.

Wspomniany powyżej roztwór skrobi, tzw. k l a j s t e r, ma pewne własności optyczne, właściwe także roztworom innych koloidów, np. ciał białkowych. Jeżeli na taki roztwór patrzyć pod światło, wydaje się on przezroczysty. Natomiast wydaje się on mętny na ciemnym tle przy bocznym oświetleniu. Jest to zjawisko o p a l e s c e n c j i, powodowane rozpraszaniem światła przez duże cząsteczki koloidu.

C e l u l o z a czyli błonnik (zob. ust. 4) powstaje tak samo jak skrobia z glukozy, ale drobiny, jakkolwiek są zbliżonej wielkości, mają inną bu-

dowę. W roślinach ta polioza raz wytworzona nie ulega hydrolizie. Tylko niektóre bakterie mogą ją hydrolizować, np. *Spirochaeta Cytophaga*. Hydrolizę można wywołać sztucznie tylko działaniem stężonego kwasu siarkowego. Celuloza rozpuszcza się tylko w płynie Schweizera (błękitnej cieczy zawierającej w roztworze amoniakalny wodorotlenek miedzi o wzorze $Cu(OH)_2(NH_3)_6$).

Warto jeszcze wspomnieć o występującym u grzybów i bakterii glikogenie, który u nich gra rolę materiału zapasowego i zastępuje skrobię. U drożdży może on stanowić do 30% suchej masy. Glikogen rozpuszcza się w zimnej wodzie tworząc opalizujące roztwory.

Tworzą się w roślinach także węglowodany o 5 atomach węgla — pentozy, o wzorze $C_5H_{10}O_5$, a mianowicie dwie: arabinoza i ksyloza. W stanie wolnym występują one w drobnych ilościach. Wraz z mannozą i galaktozą tworzą one duże drobiny hemiceluloz, substancji podobnych do celulozy, ale łatwo ulegających hydrolizie. Jak to już było podane w ust. 4, występują one w błonie komórkowej i grają rolę materiałów zapasowych.

POKAZY. Redukcyjne własności prostych cukrów można pokazać za pomocą płynu Fehlinga, który przygotowuje się w sposób następujący. Trzeba przygotować dwa roztwory:

I 36.4 *g* $CuSO_4$ + 500 $cm^3$ destylowanej wody

II 17.3 *g* winianu sodu albo soli.

Seignette'a + 51.6 *g* NaOH + 500 $cm^3$ wody.

Do użycia (nie wcześniej!) miesza się równe objętości tych dwóch roztworów i ogrzewa się do wrzenia, po czym wrzuca się rodzynkę albo kawałek surowej śliwki. Wkrótce zjawia się czerwony osad podtlenku miedzi $Cu_2O$.

Odnośnie do sacharozy warto jest pokazać, że nie redukuje ona płynu Fehlinga. W tym celu do wrzącego płynu tego trzeba wlać roztworu sacharozy i gotować przez pewien czas dalej. Płyn pozostanie klarowny i niebieski. Następnie trzeba przeprowadzić hydrolizę. Do tego bierze się 50 $cm^3$ 5% roztworu cukru, wlewa się parę kropli stężonego kwasu siarczanego i gotuje się łagodnie w kolbie Erlenmayera przez 5 minut. Potem trzeba strącić kwas siarczany chlorkiem baru. Próba z płynem Fehlinga daje teraz obfity czerwony osad skutkiem wytworzenia glukozy i fruktozy.

Hydrolizę skrobi przeprowadza się w sposób następujący: Do 2% klajstru dolewa się równą objętość 10% kwasu solnego i gotuje się w kolbie w łaźni wodnej. Skoro zacznie się wrzenie, bierze się pipetą próbkę 2 $cm^3$, wlewa się do probówki, rozcieńcza czterokrotną ilością zimnej wody i zadaje kroplą roztworu jodu. To samo trzeba robić po 2,5 i 10 minutach. Otrzymuje się 4 próbki, które będą miały różną barwę: od błękitnej poprzez czerwoną do brunatno-żółtej barwy jodu. Przyczyną tych zmian w barwie jest stopniowa hydroliza, przy której tworzą się z początku dekstryny barwiąc się jodem na czerwono. Ostateczny produkt — glukoza — nie daje żadnego zabarwienia z jodem — pozostaje wtedy tylko własna barwa jodu.

Płyn Schweizera do rozpuszczania celulozy otrzymać można polewając skrawki miedzi włożone do lejka roztworem amoniaku. Ten sam płyn trzeba przelewać przez lejek wielokrotnie, dopóki nie stanie się ciemnobłękitnym. Rozpuszczanie się włókien waty można obserwować pod mikroskopem. Widzi się wtedy, jak z początku pęcznieją.

73. TŁUSZCZE odgrywają w roślinach rolę materiałów zapasowych. Nadają się one doskonale do tej roli, bo zawierają w sobie więcej energii chemicznej niż jakiekolwiek inne substancje zapasowe: 1 *g* tłuszczu przy spaleniu wydziela 9½ kilogramowych kalorii ciepła, podczas gdy 1 *g* skrobi daje tylko 4 kalorie, ciała białkowe 5½ itd. Pochodzi to z dużej stosunkowo zawartości wodoru, a małej tlenu. Znaczenie tłuszczów jako materiałów zapasowych wynika poza tym z ich nierozpuszczalności w wodzie, przez co nagromadzenie tych substancji w komórkach nie wpływa na wielkość ciśnienia osmotycznego. Najwięcej ich znajdujemy w nasionach, np. maku, lnu, konopi, rącznika itd. Tłuszcze tworzą się z cukrów, przy czym wydziela się dużo dwutlenku węgla, znacznie więcej niż w procesie oddychania. Można to stwierdzić u roślin oleistych przy dojrzewaniu nasion (len, konopie). Widocznie w tej formie roślina usuwa nadmiar tlenu z cukrów.

W roślinie tworzy się z początku gliceryna i kwasy tłuszczowe, jak palmitynowy, stearynowy i oleinowy. Następnie substancje te łączą się z wydzielaniem wody dając tłuszcze. Proces ten odbywa się pod wpływem specjalnego fermentu l i p a z y. Ten sam ferment dokonuje hydrolizy tłuszczów, dlatego też można go wydzielić z kiełkujących oleistych nasion. Lipaza różni się od większości fermentów roślinnych nierozpuszczalnością w wodzie.

Tłuszcze są nierozpuszczalne w wodzie, rozpuszczają się łatwo w eterze i gorącym alkoholu.. Są one bardzo różne, zależnie od stosunkowej zawartości wymienionych powyżej kwasów. Ich punkt topliwości obniża się z większą zawartością kwasu oleinowego. Tłuszcze roślinne zawierają tego kwasu więcej niż zwierzęce. Są przeto przeważnie płynne w temperaturze pokojowej i dlatego nazywane są o l e j a m i.

W żywej zawartości komórek występują jeszcze inne substancje nierozpuszczalne w wodzie, rozpuszczalne w eterze i gorącym alkoholu — mianowicie l i p o i d y. Mają one skład chemiczny bardziej złożony niż tłuszcze, zawierają nieraz fosfor i azot. Przykładem mogą być lecytyna i fosfatydy. Mają one wielkie znaczenie, gdyż obok ciał białkowych stanowią główny składnik protoplazmy i jądra.

POKAZY. Dla otrzymania tłuszczu roślinnego rozciera się w moździerzu 10 *g* orzechów włoskich bez łupiny i zalewa się 50 $cm^3$ eteru w 200 gramowej kolbie **E r l e n m a y e r a**. Kolbę następnie ogrzewa się przez kilka minut na grzejniku elektrycznym, niezbyt rozgrzanym, do wrzenia. Na innym palniku tego robić nie można z powodu łatwej zapalności eteru. Następnie trzeba ciecz przefiltrować i ostrożnie ogrzewać w zlewce, dopóki nie zniknie zapach eteru. Pozostała ciecz jest olejem, co widać po tłustych plamach, które pozostawia na papierze.

74. CIAŁA BIAŁKOWE stanowią podstawowy składnik żywej materii. Białka, zwane też proteinami, są utworami bardzo złożonymi o wielkich cząsteczkach, a zatem i dużym ciężarze cząsteczkowym (drobinowym). Budowa białek jest o wiele bardziej złożona, aniżeli węglo-

wodanów i tłuszczów. Białka występują w każdej żywej komórce stanowiąc osnowę plazmy. Z białkiem związane są prawie wszystkie procesy biochemiczne zachodzące w żywej komórce.

Białka występują w różnej postaci. Jedne są utworami stałymi, inne półpłynnymi, jeszcze inne ciekłymi. Nie są to jednak zwykłe roztwory. Łatwo to stwierdzić możemy wlewając takie białko do zwykłego dializatory i zanurzając go w wodzie. Gdyby białko tworzyło zwykły roztwór, np. jak sól kuchenna lub cukier, wówczas cząsteczki jego powinny przenikać przez błonkę dializatora do wody. Tymczasem białka zachowują się odmiennie: cząsteczki ich nie przenikają ani przez błonę zwierzęcą (pęcherz), ani roślinną, których używamy do dializatorów. Roztwory, których cząsteczki nie przenikają przez błony, nazywamy roztworami koloidalnymi. Przyczyną takiego zachowania się cząsteczek białka jest ich wielkość. Istotnie są to olbrzymy, średnica cząsteczki białka mierzy 0,001 mikrona. Roztwory substancji koloidalnych nazywamy z o l a m i, zaś postać stałą (twardą) koloidu nazywamy ż e l e m. Pomiędzy tymi zasadniczymi stanami możemy znaleźć szereg pośrednich.

Ciekawą i niezmiernie ważną cechą białek jest zachowanie się roztworów białkowych wobec dodawanych soli mineralnych. Jeśli weźmiemy roztwór białka (zol) i dodawać będziemy stopniowo sól, np. siarczan amonu $(NH_4)_2 SO_4$, to zauważymy, że w pewnej chwili, gdy sól osiągnie właściwe stężenie, białko z roztworu zacznie się strącać, z zolu przejdzie w żel. Proces ten nazywamy w y s a l a n i e m b i a ł e k. Jeżeli użyjemy do wysalania soli sodowych, potasowych lub amonowych, to stącony żel możemy przez dodanie wody, czyli zmniejszenie stężenia soli, powrotnie zamienić w zol. Jeśli jednak do wysolenia białka użyjemy soli wapnia strontu lub baru, to powstały osad (żel) nie da się przez rozcieńczenie powtórnie zamienić w postać zolu. Strącenie więc białka solami tych metali jest procesem nieodwracalnym. Proces wysalania ma wielkie znaczenie w technice rozdzielania białek.

Białka można też uzyskać w postaci krystalicznej. Procesu tego używamy w celu oczyszczania poszczególnych białek. Kryształy białkowe można uzyskać przez powolne odparowywanie zolu zadanego solą w stężeniu niższym, aniżeli jest to potrzebne do wywołania strątu. Skutkiem powolnego odparowania następuje miarowe stężenie roztworu wywołujące powstanie krystalicznego osadu. Długi czas przypuszczano, że są to kryształy zbudowane z białka i soli mineralnej. Badania nowsze wyjaśniły jednak, że są to kryształy czystego białka.

Wspominaliśmy już, że białko składa się z cząsteczek bardzo dużych. Badania nad wielkością cząsteczek białkowych prowadzone były od dawna. Pierwszą metodą, która tu znalazła zastosowanie, była metoda kryoskopowa. Polega ona na obniżeniu punktu zamarzania wody, jeśli do niej dodać związku organicznego. Jeśli mianowicie dodamy do 1 litra wody gramocząsteczkę glukozy $(C_6 H_{12} O_6)$, a w innej próbie gramocząsteczkę cukru trzcinowego $(C_{12} H_{22} O_{11})$, to mimo iż cukru trzcino-

wego wsypiemy na wagę prawie dwa razy tyle, to w obydwu przypadkach roztwór zamarznie w t⁰ —0,56⁰ C. Gdy więc pragniemy poznać wielkość cząsteczki danego związku, to sporządzamy roztwory o różnej zawartości badanej substancji. Jeśli jeden z nich zamarznie w t⁰ —0,56⁰ C, to zawiera on tyle danego związku organicznego, ile odpowiada jednej jego cząsteczce. Tą drogą oznaczono, że jedna cząsteczka białka cięższa jest od atomu wodoru 14000 do 16000 razy.

Następnie używano szeregu rozmaitych metod badania i stwierdzono, że wielkość cząsteczek białka zawiera się w bardzo szerokich granicach, od 17000 do 3000000.

W świetle badań współczesnych białko składa się z cząsteczek zbudowanych z wielkiej liczby atomów, połączonych ze sobą w charakterystyczny sposób, o czym niżej będzie mowa. Te cząsteczki zespalają się, łączą się między sobą w jednostki wyższego rzędu, które nazywamy micelami. Część białkowa plazmy zbudowana jest z takich właśnie micel.

Badania chemiczne białek stwierdziły, że wyróżniają się one stałą zawartością azotu, a prócz tego prawie zawsze spotykamy i siarkę. W niektórych białkach znaleziono ponadto obecność fosforu. Wieloletnie analizy stwierdziły, że zawartość procentowa białek może być przedstawiona następującymi liczbami:

| | |
|---|---|
| węgla | 50,6—54,5 |
| wodoru | 6,5— 7,3 |
| tlenu | 21,5—23,5 |
| azotu | 15,0—17,6 |
| siarki | 0,3— 2,5 |

Dokładniejsze dane o budowie chemicznej uzyskano na zasadzie rozkładu (analizy) białek drogą uwodnienia (hydrolizy). Białka ogrzewane z kwasami rozcieńczonymi przyłączają cząsteczki wody i rozpadają się na związki, zwane aminokwasami, posiadające grupy: kwasową i zasadową. Dlatego też związki takie nazywają się amfoteryczne, tzn., że mogą mieć odczyn kwasowy lub zasadowy.

Aminokwasy są zasadniczymi elementami, z których zbudowane są cząsteczki białka. Gdybyśmy dla uproszczenia aminokwasy oznaczyli literami, np. a, b, c, d itd., to cząsteczkę białka można by napisać w postaci wzoru:

$$a + b + c + d + c + a \ldots$$

Jest rzeczą szczególnie ważną, że kolejność połączonych w łańcuch aminokwasów jest dla każdego białka swoista. Również doniosłe jest i to, że w cząsteczce jednego białka występują pewne aminokwasy, a w innej mogą występować odmienne. Pewne białka mogą zawierać te same aminokwasy, lecz w różnych ilościach. Jest rzeczą jasną, że wszystkie te różnice muszą odbijać się na ogólnych własnościach danego białka.

To jest niewątpliwie zasadniczą przyczyną indywidualnych różnic białka, rozumiemy bowiem, że odmienne cechy budowy i działania poszczególnych organizmów (jednostek) są związane ze swoistością składu i budowy ich białek.

Białka występujące samodzielnie w organizmach zwierzęcych lub roślinnych nazywamy białkami prostymi lub proteinami. Drugą grupę białek stanowią te, których cząsteczki są połączone z jakąś inną substancją nie białkową. Te białka nazywamy białkami złożonymi albo proteidami. Proteidy w największej ilości występują w jądrze komórkowym.

Grupę proteinów dzielimy na:
1. albuminy
2. globuliny
3. gluteliny
4. prolaminy (gliadyny)
5. histony
6. protaminy
7. proteinoidy

Grupę proteidów dzielimy na:
1. chromoproteidy
2. nukleoproteidy
3. glikoproteidy
4. fosfoproteidy

W dalszym przeglądzie rozpatrzymy jedynie ważniejsze podgrupy.

Albuminy są białkami rozpuszczalnymi w czystej wodzie, a także w rozcieńczonych roztworach soli, kwasów i zasad. Jeżeli roztwór albumin nasycić siarczanem amonu $(NH_4)_2 SO_4$, wówczas jako osad wypadają one z roztworu. Albuminy są białkami obojętnymi, a w cząsteczce ich nie spotykamy glikokolu.

Globuliny w przeciwieństwie do albumin w czystej wodzie nie rozpuszczają się. Również są nierozpuszczalne w słabych kwasach. Natomiast rozpuszczają się w rozcieńczonych roztworach soli obojętnych i w rozcieńczonych zasadach. Globuliny w przeciwstawieniu do albumin wykazują odczyn kwaśny i w swych cząsteczkach zawierają glikokol. Do globulin pochodzenia roślinnego należy legumina, znajdująca się w grochu i soczewicy oraz edestyna, zawarta w ziarnach lnu.

Gluteliny mają licznych przedstawicieli występujących w świecie roślinnym. W formie przykładu wymienimy glutelinę występującą w ziarnach pszenicy, kukurydzy. Charakterystyczną cechą związków, należących do tej podgrupy, jest zawartość w ich cząsteczce aminokwasu lizyny.

Prolaminy wyróżniają się rozpuszczalnością w alkoholu. Znaleziono je dotychczas wyłącznie w roślinach. W cząsteczce prolamin nie występuje aminokwas lizyna, natomiast znajdują się duże ilości proliny i kwasu glutaminowego. Do prolamin należą: gliadyna z ziarn pszenicy, zeina z kukurydzy i hordeina z jęczmienia.

Oprócz trzech omówionych składników organizmu roślinnego, węglowodanów, tłuszczów i białek wielką rolę odgrywają także alkohole i to głównie wieloatomowe, np. gliceryna, która jest trójatomowym alkoholem. W następnym rozdziale przy omawianiu przemian energii w roślinach będziemy mieli do czynienia z jednoatomowym alkoholem etylowym. Ciekawy jest także mannit, sześcioatomowy alkohol o słodkim smaku. Jest szeroko rozpowszechniony, głównie u grzybów (kilkanaście procent suchej masy!). Występuje także w oskole.

Z alkoholów przez utlenienie łatwo tworzą się kwasy organiczne. Toteż znajdujemy je u roślin w wielkiej rozmaitości, a w owocach i w dużej ilości. Już na początku tej książki (ust. 3) była mowa o kryształach szczawianu wapnia, który jest solą kwasu szczawiowego. Występuje on także często w stanie wolnym, np. u szczawiu (od czego pochodzi jego nazwa). Dalej warto wymienić kwas jabłkowy, występuje on często w soczystych owocach krajów chłodniejszych: w jabłkach, śliwkach, wiśniach itp. W owocach krajów cieplejszych przeważają: kwas winny i cytrynowy. Przy omawianu przemian energii spotykamy się z kwasem octowym, masłowym, mlecznym. O kwasach aminowych była już mowa przy ciałach białkowych.

Poza tym są w roślinie wytwarzane i przetwarzane liczne inne związki organiczne, jak glukozydy, terpeny, kauczuk, garbniki, alkaloidy. Nasze wiadomości o tych przemianach są jeszcze nie dość dokładne.

Osobno rozpatrzymy w następnym rozdziale te przemiany materii, w których uwalnia się energia, a mianowicie zjawiska oddychania i fermentacji. Są one przeciwstawieniem przyswajania, bo w nich powstają ze związków złożonych substancje prostsze.

ROZDZIAŁ IV

# PRZEMIANY ENERGII W ROŚLINACH

75. OGÓLNY CHARAKTER PRZEMIAN ENERGII W ROŚLINACH. Pierwotnym źródłem, z którego rośliny czerpią energię, jest promieniowanie słoneczne. Jest to główne źródło energii na ziemi. Promieniowanie słońca dochodzi do ziemi z natężeniem około 1,925 gramowych kalorii na minutę i na kwadratowy centymetr powierzchni, prostopadłej do kierunku promieni. Znaczna część jego jest pochłaniana przez atmosferę i zamieniana na ciepło. Szczególnie silnie pochłaniają chmury i skutkiem tego w dzień pochmurny spada na ziemię tylko jedna czwarta

energii promienistej dni pogodnych. W energii promienistej słońca około 40% przypada na promienie widzialne, czyli światło, reszta zaś na promienie podczerwone i w bardzo małej ilości nadfiołkowe. Rośliny zielone zużywają przy asymilacji dwutlenku węgla niewielką część światła, wynoszącą średnio 5—6%, przy słabym świetle nieco więcej — do 10%. Ta energia zostaje zamagazynowana w wytworzonych substancjach organicznych. Stanowi ona podstawowy zasób energii zarówno dla samych zielonych roślin, jako też dla wszystkich innych roślin oraz dla zwierząt. Do tego dołącza się energia utlenionych przez samożywne bakterie substancji nieorganicznych — siarkowodoru i amoniaku. Są to jednak ilości znikomo małe i w dodatku siarkowodór i amoniak są przeważnie pochodzenia organicznego (z rozkładu ciał białkowych przez bakterie), a więc ich energia pochodzi również z promieniowania słonecznego.

Energia chemiczna związków organicznych jest energią potencjonalną. Uruchomienie jej odbywa się w żywej substancji komórek roślinnych przez utlenianie albo rozkład związków organicznych w procesach oddychania i fermentacji, którymi zajmiemy się w następnych dwóch ustępach. Uwolniona energia zużywa się częściowo na przezwyciężenie oporów zewnętrznych, które roślina musi pokonywać podczas wzrostu. Ta część energii przemienia się ostatecznie w ciepło. Znacznie większa jej część zużywa się przy wytwarzaniu złożonych substancji organicznych w procesach przyswajania, gdyż im bardziej złożone są drobiny, tym więcej gromadzą w sobie energii. Ta część uwolnionej energii przemienia się zatem z powrotem w chemiczną. Trzecia wreszcie część przechodzi od razu w ciepło i rozprasza się w otoczeniu nie użyta przez roślinę. Ciepło zresztą, tak jak i energia elektryczna, nie odgrywa żadnej bezpośredniej roli w życiu rośliny.

O ilości energii, marnowanej przez rośliny skutkiem przemiany na ciepło, mogą dać pojęcie badania nad kiełkującymi ziarnami zbóż. Trzeba w tym celu obliczyć, ile energii uwolniło się skutkiem utlenienia skrobi w procesie oddychania i porównać ją z ilością wydzielonego przy tym ciepła, wymierzoną za pomocą kalorymetru. W pewnym doświadczeniu otrzymano następujące wartości w kilogramowych kaloriach w stosunku do kilograma ziarn pszenicy:

| Dzień kiełkowania | Energia uwolniona | Energia zamieniona na ciepło |
|---|---|---|
| 2 dzień | 2135 | 363 |
| 3 „ | 3802 | 540 |
| 4 „ | 6277 | 2938 |
| 5 „ | 6886 | 3216 |
| 6 „ | 8837 | 4341 |

Widoczne jest z tej tabeli, że w miarę wzrostu roślin marnuje się coraz więcej energii.

76. ODDYCHANIE tak samo jak fermentacja, o której będzie mowa w następnym ustępie, uwalnia energię zawartą w związkach organicznych. Różni się ono od tej ostatniej zasadniczo tylko tym, że produkty odnośnych przemian pozostają w komórkach, z wyjątkiem dwutlenku węgla, który uchodzi do atmosfery, podczas gdy przy fermentacji wszystkie produkty uchodzą na zewnątrz. To ostatnie jest oczywiście możliwe tylko u roślin bardzo drobnych, mających dzięki temu dużą powierzchnię w stosunku do objętości oraz w środowisku wodnym. Toteż fermentacja odbywa się tylko u bakterii i prostszych grzybów (pleśnie, drożdże), oddychanie natomiast — głównie u roślin wyższych, przede wszystkim u zielonych.

W normalnych warunkach oddychanie jest reakcją utleniania — jest to oddychanie tlenowe. Roślina pozbawiona tlenu będzie żyć przez pewien czas zdobywając sobie wolną energię przez rozkład — będzie to oddychanie beztlenowe. Ten stan rzeczy nie może trwać długo z powodów, które będą wyjaśnione poniżej.

Zajmijmy się z początku oddychaniem tlenowym. Utleniane są w nim cukry proste, przeważnie heksozy. Jeżeli ich zabraknie, zużytkowywane są skrobia i tłuszcze, po uprzednim rozkładzie na prostsze związki. W ostateczności utleniane są i ciała białkowe, również po uprzednim rozkładzie. Procesy te są złożone. Na przykład przy utlenianiu cukrów tworzą się z początku kwasy, m. in. kwas jabłkowy, który gromadzi się u kaktusów i innych sukulentów nieraz w dużych ilościach. Ostatecznie powstaje woda i dwutlenek węgla, a przy utlenianiu ciał białkowych jeszcze substancje azotowe. Dla zwykłego przebiegu reakcji można napisać następujące równanie, obejmujące początkowe i końcowe stadium:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6\ CO_2 + 6\ H_2O + 674\ \text{kal.}$$

Ilość uwolnionej energii w tym równaniu i we wszystkich następnych jest podana w kilogramowych kaloriach na gramodrobinę przetworzonej substancji, w danym przypadku heksozy. Z ostatecznych produktów woda zostaje w roślinie, a dwutlenek węgla wydziela się do otoczenia. Dlatego też widocznym znakiem normalnego oddychania jest pochłanianie tlenu i wydzielanie dwutlenku węgla. U roślin zielonych ta wymiana gazów daje się stwierdzić tylko w ciemności. Na świetle widzi się zjawisko odwrotne — pochłanianie dwutlenku węgla i wydzielanie tlenu, bo odbywa się wtedy o wiele silniejsze przyswajanie dwutlenku węgla.

Natężenie oddychania, które można mierzyć ilością wydzielonego w jednostce czasu dwutlenku węgla, wzrasta bardzo silnie przy podniesieniu temperatury. Tak samo, jak przy innych procesach fizjologicznych, oddychanie słabnie w bardzo wysokich temperaturach. Na przykład

w pewnym doświadczeniu 100 siewek grochu wydzieliło w ciągu godziny następujące ilości dwutlenku węgla (w *mg*):

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0° | 4.0 | 30 | 53.6 |
| 5 | 5.7 | 35 | 61.7 |
| 10 | 11.4 | 40 | 45.3 |
| 15 | 19.4 | 45 | 35.9 |
| 20 | 30.6 | 50 | 12.0 |
| 25 | 41.7 | 55 | 5.4 |

Oddychanie wzmaga się poza tym przy intensywnych procesach wzrostowych: podczas kiełkowania, kwitnienia itp. W organach spoczywających, np. w nasionach, jest ono bardzo słabe.

W procesach oddychania tlenowego czynne są specjalne fermenty, przyspieszające utlenianie, tzw. o k s y d a z y.

W braku tlenu oddychanie zmienia swój charakter. Zamiast niego odbywa się wtedy rozkład substancji organicznych, najczęściej cukrów. Rozkładają się one zazwyczaj na alkohol etylowy i dwutlenek węgla z uwolnieniem energii w ilości 25 razy mniejszej, niż to zachodzi przy utlenianiu:

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 24 \text{ kal.}$$

Jest to proces identyczny z fermentacją alkoholową, dokonywaną przez drożdże, którą zajmiemy się w następnym ustępie — tylko tu alkohol pozostaje w roślinie, a nie uchodzi do otoczenia, jak u drożdży. Proces ten odbywa się przy udziale specjalnego fermentu, z y m a z y.

Nie zawsze oddychanie beztlenowe odbywa się w opisany powyżej sposób. Należy tu porównać ilości wytworzonego alkoholu i dwutlenku węgla. Jak to wypływa z przytoczonego równania, wytwarzają się w opisanym powyżej procesie równe ilości alkoholu i dwutlenku węgla. Tymczasem w wielu wypadkach stosunek ilości dwutlenku węgla do alkoholu przedstawia się inaczej. Wynosi on np.: dla liści klonu 100 : 58 — dla jabłek od 100 : 80 do 100 : 49 — dla bulw ziemniaczanych nawet 100 : 7. Natura chemiczna tych procesów nie jest jeszcze dokładnie znana.

Oddychanie beztlenowe zużywa bardzo dużo cukrów i gromadzi w komórkach szkodliwe substancje, takie jak alkohol. Nic tedy dziwnego, że rośliny na ogół nie długo mogą żyć bez tlenu. Dotyczy to przede wszystkim roślin zielonych. Są jednak, jak już wiemy, rośliny a n a e r o b o w e, którym tlenu nie potrzeba — dla których nawet może on być zabójczy. Rośliny takie zdobywają sobie energię w drodze fermentacji, którą teraz się zajmiemy. Fermentacji dokonują także aeroby.

POKAZY. Wydzielenie dwutlenku węgla przy oddychaniu tlenowym można łatwo zauważyć umieszczając namoczone nasiona grochu w zlewce przykrytej taflą szklaną. Po pewnym czasie paląca się zapałka gaśnie, jeżeli się ją wsunie do zlewki. Woda wapienna w małym naczynku wstawionym do zlewki mąci się. Jednocześnie termometr wsunięty między nasiona wskazuje znaczną zwyżkę temperatury.

Dla zaobserwowania oddychania beztlenowego należy zlewkę wypełnić pokrajaną marchwią i przykryć taflą szklaną. Po paru dniach będzie się czuło zapach alkoholu.

77. FERMENTACJA odbywa się bardzo różnie, zależnie od natury rośliny. Rozpatrzmy ważniejsze jej rodzaje.

Najlepiej zbadana jest fermentacja alkoholowa, o której była już mowa w poprzednim ustępie. Cukry rozkładają się w niej na równe ilości alkoholu etylowego i dwutlenku węgla. Jest to proces bardzo złożony. Świadczy o tym między innymi fakt, że oprócz alkoholu etylowego i dwutlenku węgla tworzą się w małych ilościach liczne inne substancje, jak: gliceryna, alkohol amylowy, kwas octowy, aldehyd octowy i inne. W formie najbardziej typowej odbywa się ta fermentacja u drożdży w nieobecności tlenu. W tych warunkach mogą one żyć przez czas nieograniczony, ale rosną i rozmnażają się tylko w obecności tlenu i wtedy obok fermentacji odbywa się normalne tlenowe oddychanie. Wskazuje na to większa ilość dwutlenku węgla w stosunku do alkoholu: stosunek tych dwóch substancji nie jest — 100 : 100, lecz 150 : 100. Nadmiar dwutlenku węgla pochodzi niewątpliwie z oddychania. Drożdże są zatem czymś pośrednim między aerobami a anaerobami. Przerabiają one proste heksozy, najłatwiej glukozę i fruktozę. Biozy są zużytkowane tylko wtedy, jeżeli zostaną zhydrolizowane przez odpowiednie fermenty. Tak przerabiane są sacharoza i maltoza, natomiast cukier mleczny (laktoza) nie ulega fermentacji. Poliozy nie są fermentowane przez drożdże, lecz przerabiane przez niektóre pleśniaki. Drożdże, jak wiadomo, są użytkowane do wyrobu alkoholu i napojów wyskokowych.

Drugim bardzo rozpowszechnionym rodzajem fermentacji jest fermentacja mleczna. Dokonują jej pewne gatunki bakterii, np. *Bacterium lactis acidi*, występujące w mleku. Przebiega ten proces według równania:

$$C_6 H_{12} O_6 = 2\,CH_3 - CHOH - COOH + 14 \text{ kal.}$$

A zatem z każdej drobiny cukru tworzą się dwie drobiny kwasu mlecznego i nie wydziela się żaden gaz. Fermentacja mleczna odbywa się tylko w obecności tlenu. Powoduje ona powszechnie znane zjawiska, jak kwaśnienie mleka, kiszenie kapusty i ogórków itp.

Charakter ściśle anaerobowy ma fermentacja masłowa, powodowana przez niektóre bakterie. Produktami jej jest kwas masłowy, dwutlenek węgla i wodór lub metan, a oprócz tego, w mniejszych ilościach, alkohol etylowy, kwas octowy i mleczny. Ten rodzaj fermentacji jest w ogóle procesem mniej określonym od obu poprzednio omówionych.

Bakterie masłowe odgrywają ważną rolę w przyrodzie rozkładając substancje organiczne w bagnach, gdzie tlen nie ma dostępu. Należy do nich między innymi wiążąca wolny azot bakteria *Clostridium Pasteurianum*.

Fermentacja może polegać także na utlenianiu. Na przykład bakteria *Bacterium aceti* utlenia alkohol etylowy na kwas octowy według równania:

$$C_2 H_5 OH + O_2 = CH_3 - COOH + H_2O + 117 \text{ kal.}$$

Dostarcza ona o wiele więcej energii, niż fermentacje polegające na rozkładzie.

Wreszcie fermentacja polegać może na uwodnieniu. Taki charakter ma fermentacja m o c z n i k o w a, przemieniająca mocznik na węglan amonu:

$$CO (NH_2)_2 + 2 H_2O = CO_3 (NH_4)_2 + 14 \text{ kal.}$$

Powodują ten proces pewne bakterie, przeważnie aerobowe.

Fermentacja podobnie jak oddychanie wzmaga się z podniesieniem temperatury.

POKAZY. Demonstrowanie fermentacji alkoholowej wymaga sporządzenia odpowiedniej dla drożdży pożywki. Może być np. użyta pożywka P a s t e u r a:

| | |
|---|---|
| Woda | 838 g |
| Glukoza | 150 „ |
| Winian amonu | 10 „ |
| $KH_2 PO_4$ | 2 „ |
| $Mg SO_4$ | 0.2 g |
| $Ca HPO_4$ | 0.2 „ |
| $Fe Cl_3$ | ślad |

100 $cm^3$ takiej pożywki wlewa się do 200 gramowej kolby E r l e n m a y e r a i gotuje przez pewien czas dla wyjałowienia. Następnie chłodzi się ciecz zamykając kolbę korkiem z waty. Dodaje się potem trochę drożdży rozbełtanych w destylowanej wodzie i zamyka korkiem ze zgiętą rurką. Do rurki tej nalewa się wody, by przyrząd odciąć od powietrza, a zarazem dać wolne ujście wytwarzanemu dwutlenkowi węgla. Najodpowiedniejsza temperatura dla fermentacji wynosi 20—25° C.

ROZDZIAŁ V

# FIZJOLOGIA WZROSTU

78. WZROST roślin jest jednym z najważniejszych przejawów ich działalności życiowej. Charakterystyczne dla niego jest to, że poszczególne części rośliny rosną kolejno przez pewien czas, po czym wzrost ich w tej samej kolejności ustaje. Roślina przeto składa się z części rosnących i wyrośniętych, jak to można zauważyć chociażby u drzew, które co rok wypuszczają nowe pędy dołączające się do dawniej wyrośniętych. Pod tym względem rośliny różnią się od zwierząt, u których wzrost odbywa się jednocześnie w całym ciele i mniej więcej jednocześnie ustaje przy dojściu do wieku dojrzałego.

Wzrost roślin jest to więc zasadniczo proces zwiększania rozmiarów, wytworzenia organów wegetatywnych (korzeni, łodyg, liści), których głównym zadaniem jest gromadzenie substancji organicznej.

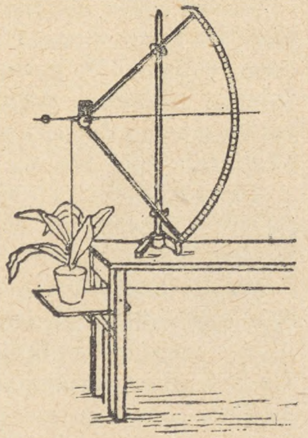
Szybkość wzrostu roślin jest na ogół mała: nie przewyższa zazwyczaj jednej setnej długości rosnącej części rośliny na minutę.

Szybki wzrost wykazują owocowniki grzybów oraz łagiewki. U tych ostatnich wydłużenie na minutę może być nawet dwa razy większe od pierwotnej długości. Dlatego też przy badaniach nad wzrostem roślin trzeba się posługiwać dźwigniami nierównoramiennymi dla powiększenia wydłużeń rośliny (ryc. 254) albo też obserwować wzrost przez mikroskop.

Proces wzrostu składa się z trzech faz: 1) podział komórek, 2) zwiększanie ich objętości, 3) wewnętrzne zróżniczkowanie komórek.

W rezultacie podziału komórek tkanek embrionalnych powstają nowe, stosunkowo małe komórki, zapełnione protoplazmą, o bardzo cienkiej błonie komórkowej.

Po pewnym czasie komórki te zwiększają swą objętość wskutek wytworzenia w protoplazmie wodniczka z sokiem komórkowym. Wodniczek stopniowo powiększa się, zajmuje znaczną część komórki, jednocześnie błona komórkowa staje się bardziej gruba, ale nie kosztem zmniejszenia się ilości protoplazmy. W 3 fazie, tj. zróżniczkowania, rozmiary komórek już nie ulegają zmianie, błona zaś coraz bardziej zwiększa się wskutek nowego nawarstwienia od wewnątrz komórki. Bardzo często cała protoplazma zużywa się na wytwarzanie nowych warstw błony, co prowadzi do powstawania komórek z grubymi ściankami, ale pozbawionych żywej protoplazmy.



Ryc. 254.
Auksanometr dźwigniowy
Według Detmera

Proces wzrostu odbywa się pod wpływem specjalnych substancji wzrostowych, czyli hormonów wzrostu wytwarzanych przez protoplazmę. Są ich dwa rodzaje, biosy i auksyny.

Biosy powodują obfity podział komórek; można je wyciągnąć z nasion. Działają w małych koncentracjach. Specjalnymi hormonami podziału komórki są hormony przyranne. W razie skaleczenia tkanki roślinnej hormony przyranne dyfundują ze zranionych komórek do żywych, sąsiednich i powodują ich podział. Jeżeli np. rozciąć bulwę kartofla, to na nieskaleczonych miejscach tworzy się równolegle do płaszczyzny cięcia tkanka twórcza korka powodująca zamknięcie rany.

Auksyny oraz heteroauksyny, w przeciwieństwie do biosów, nie wpływają na podział komórek, lecz powodują ich wydłużanie się.

Obie auksyny są pokrewne kwasom organicznym. Auksyny znajdują się w nasionach, kiełkach i w dużej ilości w młodych liściach. Wytwarzają się one między innymi u traw w tzw. koleoptile. Jeżeli uciąć szczy-

tową część takiego listka, to przestaje się on wydłużać. Wzrost wznawia się, jeżeli do listka dołączyć ponownie taki koniuszek. Auksyny są lepiej zbadane od biosów.

Działanie ciał wzrostowych znalazło zastosowanie praktyczne w ogrodnictwie. Trudno korzeniące się sadzonki roślin, traktowane heteroauksyną, korzenią się łatwiej.

Stosunkowo wysokie koncentracje auksyn nie tylko nie zwiększają wzrostu, ale działają nawet hamująco, przy czym należy zaznaczyć, iż korzenie wymagają mniejszych ilości substancji wzrostowych niż nadziemne części roślin.

Wzrost roślin nie jest jednostajny, nawet w niezmiennych warunkach. Odbywa się on z początku powoli, potem coraz prędzej — w końcu znów coraz wolniej. W pewnym doświadczeniu np. część korzenia o długości jednego milimetra, położona tuż nad czapeczką, wykazała w następujących po sobie dniach następujące przyrosty w mm: 1,8; 3,7; 17,5; 16,5; 17,0; 7,0; 0,0. Jest to tzw. w i e l k i  o k r e s  w z r o s t u.

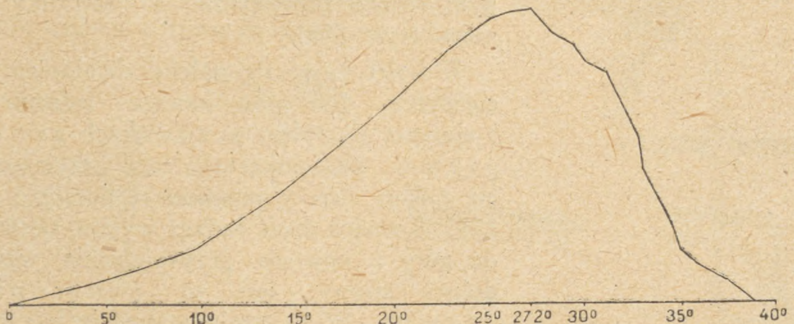
79. LICZNE CZYNNIKI OTOCZENIA WPŁYWAJĄ NA SZYBKOŚĆ WZROSTU: ciepło, światło, wilgotność, siła ciężkości, działania mechaniczne i inne.

Ciepło działa w ten sposób, że w niskiej temperaturze wzrost ustaje. Na ogół rośliny nie rosną przy temperaturze niższej od zera, ale pszenica i gorczyca kiełkują przy temperaturze niewiele wyższej. Nasiona fasoli kiełkują natomiast dopiero przy 9⁰, ogórka przy 16⁰, zaś bakterie gruźlicy zaczynają rosnąć dopiero przy 30⁰. W miarę podwyższenia temperatury wzrost odbywa się coraz prędzej aż do pewnego o p t i m u m, przy którym odbywa się najprędzej. Jeżeli temperatura jeszcze wzrasta, wzrost słabnie i wreszcie ustaje zupełnie. Jako przykład można przytoczyć pewne doświadczenie, w którym korzenie sałaty były poddawane działaniu różnych temperatur przez 14 godzin:

| Temp. | Średni przyrost na godz. w *mm* | Temp. | Średni przyrost na godz. w *mm* |
|---|---|---|---|
| 0 | 0.04 | 28.2 | 1.44 |
| 4 | 0.11 | 29.3 | 1.39 |
| 6.8 | 0.19 | 30.0 | 1.28 |
| 9.7 | 0.30 | 31.0 | 1.23 |
| 14.1 | 0.58 | 32.7 | 0.88 |
| 20.2 | 1.08 | 33.0 | 0.71 |
| 22.8 | 1.35 | 34.5 | 0.40 |
| 25.0 | 1.51 | 35.0 | 0.27 |
| 26.0 | 1.55 | 37.5 | 0.11 |
| 27.2 | 1.57 | 38.7 | 0.03 |

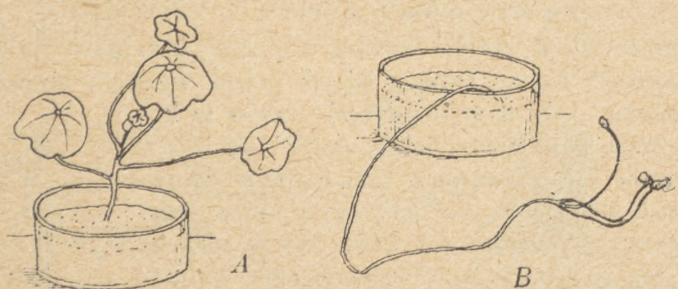
Optimum wypadło przy 37,2⁰. Ta zależność od temperatury przedstawia się szczególnie wyraźnie na wykresie, w którym temperatury są odciętymi, a przyrosty rzędnymi (ryc. 255). Widzimy na nim krzywą,

która z początku wznosi się powoli, a po osiągnięciu najwyższego poziomu spada znacznie bardziej stromo. Podobny jest wpływ temperatury na inne czynności życiowe rośliny, jak to zobaczymy w dalszym ciągu.




Ryc. 255. Szybkość wzrostu korzenia sałaty (*Lactuca sativa*) przy różnej temperaturze. — Według T a l m y

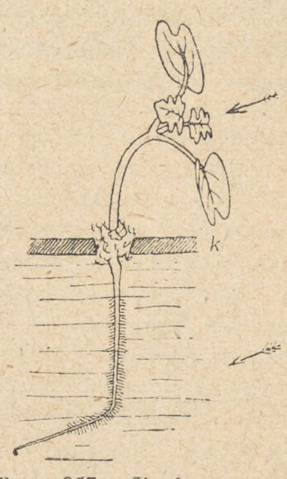
Światło wpływa hamująco na wzrost łodyg. Pędy, wyrosłe w ciemności, są silnie wydłużone, a zarazem białawe z powodu niewytworzenia się chlorofilu. Liście przy tym kształtują się słabo. Zjawisko takie zwie się w y p ł o n i e n i e m (ryc. 256). Co do korzeni, światło wpływa hamująco na ich wzrost tylko u niektórych roślin, np. gorczycy.




Ryc. 256. Nasturcja (*Tropaeolum majus*). Młode roślinki jednakowego wieku wyrosłe na świetle (*A*) i w ciemności (*B*). — Według J o s t a

Bardzo ciekawy jest wpływ światła na wzrost, jeżeli działa ono jednostronnie. Zwrócona do źródła światła strona łodygi rośnie wolniej od strony przeciwnej i łodyga wygina się w stronę światła (ryc. 257). Podobne wygięcia, powodowane przez jednostronne działanie jakiegoś czynnika, noszą nazwę t r o p i z m ó w. W danym wypadku będzie to f o t o t r o p i z m.

Korzeń, jeśli jest wrażliwy na światło, wygnie się przy jednostronnym jego działaniu inaczej niż łodyga: w stronę przeciwną do kierunku światła. Dlatego też rozróżnia się f o t o t r o p i z m u j e m n y w korzeniach i d o d a t n i w łodygach.




Ryc. 257. Siewka gorczycy (*Sinapis alba*), hodowana w wodzie i poddana jednostronnemu działaniu światła. Strzałki oznaczają kierunek światła. Według N o l l a

Wrażliwość na jednostronne działanie światła mają także ogonki liściowe. Wyginają się one ustawiając blaszkę przy niezbyt silnym świetle prostopadle do kierunku promieni (ryc. 258).

Z kolei zająć się należy działaniem siły ciężkości. Jest ono zawsze jednostronne i ujawnia się tylko w zjawiskach g e o t r o p i z m u. Dla pokazania tego przejawu życia rośliny należy umieścić ją poziomo (ryc. 259). Rosnąca część łodygi wygnie się wtedy do góry z powodu przyspieszenia wzrostu dolnej strony: jest to g e o t r o p i z m u j e m n y. W korzeniu wzrost będzie przyspieszony po stronie górnej i wystąpi wygięcie w dół: będzie to g e o t r o p i z m d o d a t n i. Wyginanie się będzie trwało tak długo, dopóki łodyga i korzeń nie zajmą położenia pionowego. Dotyczy to jednak tylko korzenia głównego i osiowej części łodygi. Odgałęzienia zachowują się inaczej: korzenie pochodne skierowują się ukośnie w dół, gałęzie — również ukośnie, ale do góry. Są zresztą rośliny, u których gałęzie rosną poziomo albo zwieszają się.

Geotropizm, jak w ogóle wszystkie tropizmy, ujawnia się tylko w rosnących częściach roślin. Istnieją jednak pewne wyjątki. Najważniejszy z nich stanowią pędy traw, u których wzrost w kolankach zostaje wznowiony, jeżeli umieści się je poziomo. Zostaje on wzmocniony po stronie dolnej, przez co pęd wygina się do góry przyjmując normalne pionowe położenie (ryc. 260). Ma to niemałe znaczenie dla rolnictwa przy zapobieganiu wylegania zbóż.

Geotropicznym wygięciom można zapobiec obracając powoli roślinę dokoła jej osi. Chwilowe działania siły ciężkości, zwrócone w coraz to innym kierunku, znoszą się wtedy nawzajem. Służy do tego specjalny przyrząd, zwany k l i n o s t a t e m (ryc. 261), poruszany mechanizmem zegarowym.

Zjawiska fototropizmu jak i geotropizmu wywoływane są działaniem auksyn.

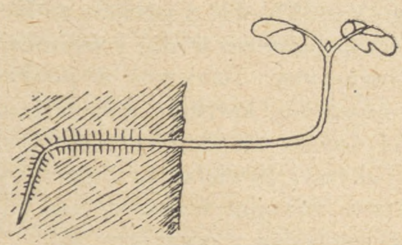
Elektryczna polaryzacja tkanek pod wpływem światła czy też siły ciężkości wywołuje odpowiednie przenoszenie się auksyn z jednej części organów do



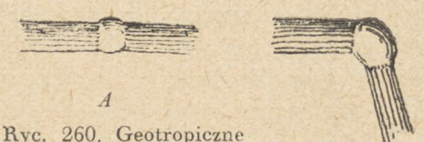
Ryc. 258. Powój (*Calystegia sepium*). Pęd oświetlony z prawej strony. Według J o s t a

drugiej i w zależności od tego dane organy wyginają się w określonym kierunku.

Przy naświetlaniu jednej strony np. łodygi, auksyny przenoszą się na przeciwległą stronę i wywołują bardziej szybki jej wzrost. W rezultacie roślina wygina się w stronę światła.

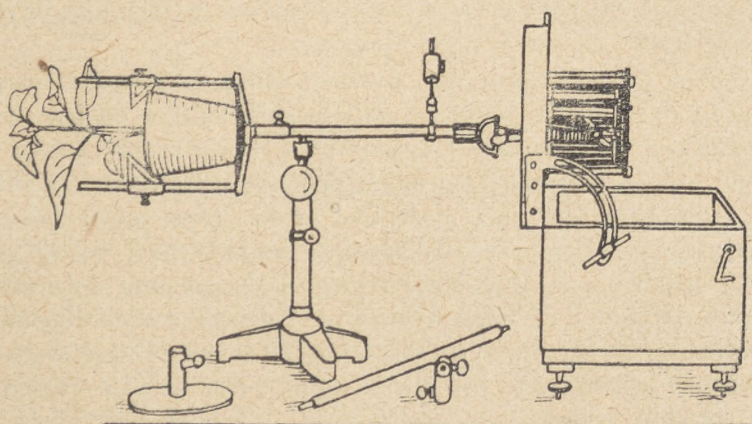


Ryc. 259. Siewka kapusty gorczycy (*Brassica nigra*) ustawiona poziomo wraz z doniczką. Pęd i korzeń wykonały wygięcie geotropiczne. — Według Pfeffera




Ryc. 260. Geotropiczne wygięcie kolanka trawy. *A* Pęd trawy umieszczony poziomo. — *B* Ten sam pęd po pewnym czasie. — Według Nolla

Ujemny geotropizm łodygi i dodatni geotropizm korzenia można objaśnić w sposób następujący: przy poziomym położeniu organu rośliny auksyny gromadzą się w dolnej jego części. Jeśli organem tym jest łodyga, to dolna jej strona zaczyna szybciej rosnąć i łodyga wygina się ku górze. W wypadku zaś korzenia ta sama koncentracja hormonów działa już hamująco (ponieważ, jak już wyżej mówiliśmy, stosunkowo



Ryc. 261. Klinostat

duże stężenie auksyn, działające dodatnio na wzrost łodygi, hamuje wzrost korzeni). Dolna strona będzie słabiej rosła niż górna i korzeń wygnie się ku dołowi.

Wilgotność środowiska wpływa wyraźnie na wzrost. Ujawnia się to m. in. w korzeniach, które wyginają się w tę stronę, gdzie gleba jest

bardziej wilgotna. Ma to duże znaczenie dla roślin. Dzięki temu hygrotropizmowi korzeni wilgotność gleby jest lepiej wyzyskiwana. Można to pokazać za pomocą prostego doświadczenia (ryc. 262). Niski blaszany walec obwiązuje się organtyną, wypełnia wilgotnymi trocinami, na których wysiewa się groch. Zawiesza się go następnie na ścianie w ten sposób, żeby dno jego tworzyło kąt 35°—45° z poziomem. Korzenie grochu pod działaniem ciążenia rosną pionowo w dół i wysuwają się wkrótce na zewnątrz przez oczka organtyny. Ponieważ w pobliżu dna powietrze jest wilgotniejsze niż w otoczeniu, korzenie wyginają się pod działaniem higrotropizmu ku górze, dopóki nie dotkną wilgotnych trocin. Rosną one wtedy dalej wzdłuż ukośnej powierzchni organtyny albo wchodzą do wnętrza walca. W tym ostatnim wypadku zaczyna znowu przeważać geotropizm i korzenie wychodzą z organtyny itd.

Wreszcie rośliny pnące i wijące się wykazują wrażliwość na działania mechaniczne. U roślin pnących się wrażliwe są wąsy, a mianowicie dolna ich strona. Jeżeli dotkną one jakiegoś ciała o chropowatej powierzchni, to w miejscu dotknięcia wzrost zostaje wstrzymany, a po przeciwnej stronie przyspieszony. Skutkiem tego wąs owija się naokoło podpory. Jest to zjawisko osobliwego tropizmu — tigmotropizmu. Ciekawe jest, gdy podpora będzie miała gładką powierzchnię, będzie np. powleczona warstwą żelatyny, to wąs w zetknięciu z nią nie wygnie się. W podobny sposób łodygi roślin wijących się — np. chmielu, reagują na dotknięcie chropowatych przedmiotów i owijają się naokoło nich, jeżeli średnica ich nie jest zbyt duża. Chodzi widocznie w tych zjawiskach nie tak o dotknięcie, jak raczej o podrażnienie.

Na osobną uwagę w procesach rozwoju zasługują zjawiska fotoperiodyzmu. Są to działania dziennego naświetlania, zależne od jego trwania a nie natężenia. Jest dużo roślin, których wzrost i rozwój zostaje przyspieszony przy naświetlaniu dziennym przez 6—12 godzin. Przykładem takich roślin krótkiego dnia może być proso. Inne znowu odwrotnie, rozwijają się prędziej przy wydłużonym dniu do 14 i więcej godzin. Tak się zachowuje między innymi owies. W pewnym doświadczeniu owies przy krótkim dniu wykłosił się po 111 dniach, a przy długim — po 50 dniach. Wystarczy przy tym skracać względnie wydłużać dzień przez zaciemnianie lub sztuczne oświetlenie tylko przez pewien czas na początku rozwoju rośliny.

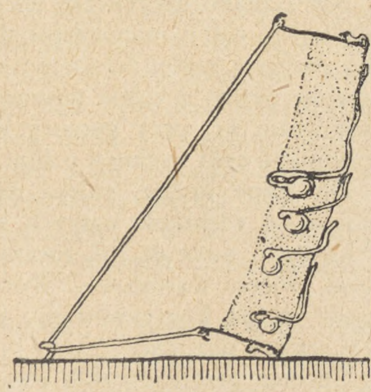
Na przykład w pewnym doświadczeniu z prosem roślina miała 4 krótkie dni i wykłosiła się po 47 dniach, natomiast przy 6 krótkich dniach wykłosiła się po 26 dniach.

Flora strefy tropikalnej składa się głównie z roślin krótkiego dnia, flora strefy umiarkowanej i arktycznej — z roślin długiego dnia. Są zresztą także rośliny pod tym względem obojętne.

Warto wreszcie wspomnieć o zjawisku odwrotnym do wzrostu. Czasem komórki zamiast wydłużać się — kurczą się. Następuje to w korzeniach roślin, m. in. u cebuli. Dzięki temu cebule są wciągane w głąb ziemi, jeżeli nasiona wykiełkują na powierzchni.

W związku z czynnikami wpływającymi na fazy rozwoju rośliny pozostaje zjawisko o k r e s o w o ś c i. Pod okresowością rozumiemy występującą u roślin wieloletnich rytmikę roczną okresów spoczynku i okresów wzrostu.

Zarówno z zewnątrz działające warunki klimatyczne jak i wewnętrzne czynniki rośliny mają wpływ na okresowość. Są rośliny, które przeniesione do innych warunków zachowują swoją rytmikę roczną we wzroście, opadaniu liści i spoczynku.



Ryc. 262. Doświadczenie S a c h s a dla wykazania higrotropizmu korzeni

POKAZY. Jest rzeczą łatwą zaobserwować wypłonienie na siewkach nasturcji albo innej jakiejkolwiek rośliny o dużych nasionach, umieszczonej w cieniu. Należy dbać o to, żeby wypłoniona roślina miała czym się odżywiać.

Fototropizm pędów zaobserwować na wyce, która jest szczególnie wrażliwa.

Geotropizm łodygi wykazuje wyraźnie każda siewka.

ROZDZIAŁ VI

# FIZJOLOGIA ROZWOJU

80. CYKL ŻYCIOWY roślin wyższych, podobnie jak i każdego organizmu, rozpoczyna się od pierwszego podziału zapłodnionej komórki rozrodczej i kończy się wraz z obumarciem dojrzałej już rośliny. Początek cyklu rozwojowego charakteryzuje się przede wszystkim procesami wzrostu części wegetatywnych. Po nich następują procesy rozmnażania, aż wreszcie starzenia i obumierania.

Długotrwałość życia roślin waha się w bardzo szerokich granicach, jeśli wziąć pod uwagę tylko rośliny wyższe, to ich cykl życiowy może trwać od kilku tygodni do kilku set, a nawet kilku tysięcy lat.

Wszystkie rośliny możemy podzielić na monokarpiczne owocujące jeden raz i polikarpiczne owocujące wielokrotnie. Do pierwszej grupy należą głównie rośliny jednoroczne, których cykl rozwojowy trwa jeden okres wegetacyjny: nasienie kiełkuje, młoda roślina szybko rozwija swe

narządy wegetatywne, następnie zakwita i zawiązuje owoce, roślina starzeje się i obumiera. Obumieranie roślin często przypada na początek jesieni i dlatego też wydawałoby się, że spowodowane jest przez czynniki zewnętrzne.

W rzeczywistości proces ten zależy od przyczyn wewnętrznych i wiele wcześnie dojrzewających roślin jednorocznych wytwarza nasiona i obumiera na długo przed końcem okresu wegetacyjnego.

Nie zawsze jednak kwitnienie następuje w pierwszym roku życia. Niekiedy faza ta rozpoczyna się dopiero w drugim roku. Zjawisko takie występuje u roślin dwuletnich.

Nie zdołano dotychczas stwierdzić, jakie wewnętrzne procesy wywołują śmierć roślin monokarpicznych po przekwitnieniu. Niemniej jednak fakt istnienia ścisłej zależności między owocowaniem i obumieraniem jest zupełnie pewny i został potwierdzony w wielu doświadczeniach, w których udało się, przy pomocy usuwania pączków kwiatowych, znacznie przedłużyć cykl życiowy roślin.

Do grupy drugiej należą rośliny wielokrotnie kwitnące, do których zalicza się większość naszych wieloletnich roślin drzewiastych. Rośliny te kwitną i owocują rok rocznie, jednak co roku przebiegają w nich od nowa procesy wzrostowe. Wewnętrzne przyczyny fizjologiczne, pozwalające im na kontynuowanie wzrostu po owocowaniu, nie są dotychczas jeszcze poznane.

Chociaż przejście cyklu rozwojowego przez roślinę związane jest zazwyczaj z procesami wzrostu, niemniej jednak te dwa zjawiska nie są równoznaczne.

Wzrost rośliny, jak już wyżej zaznaczyliśmy, jest procesem zwiększania rozmiarów, procesem tworzenia części wegetatywnych. Rozwój natomiast według określenia Łysenki — twórcy teorii stadiów rozwojowych, jest to kompleks jakościowych zmian substancji zawartej w komórkach, zmian umożliwiających wytwarzanie się narządów rozrodczych.

Procesy te odbywają się w roślinie od chwili kiełkowania nasienia do wytwarzania nowych nasion, tj. w ciągu całego cyklu wegetacji.

Rozwój rośliny, jak twierdzi Łysenko, nie nosi charakteru procesu ciągłego, ale składa się z poszczególnych stadiów rozwojowych. Każde stadium wymaga określonych warunków zewnętrznych i zaczyna się tylko wtedy, gdy poprzednie stadium rozwojowe zakończyło się.

Dotychczas odkryto dwa stadia rozwojowe, a mianowicie stadium termiczne — jarowizację i stadium świetlne związane z fotoperiodyzmem.

Przechodzenia tych stadiów nie należy łączyć z żadnymi zmianami cech morfologicznych rośliny, są one wyrazem pewnych procesów biochemicznych. Procesy te z początku związane są z temperaturą, potem ze światłem, mogą przebiegać tylko w bardzo młodych organizmach. Właściwy ich przebieg umożliwia roślinie rozwój i wydanie nasion.

81. STADIUM TERMICZNE rośliny ozime przechodzą najprawdopodobniej przy temp. $-3^0$ do $+3^0$ w warunkach polowego zimowania

i dlatego na wiosnę mogą kłosić się normalnie. Przejście stadium termicznego możemy wywołać w sposób sztuczny. Pszenica ozima podkiełkowana b. wczesną wiosną i poddana działaniu niższych temperatur przez czas określony (10—30 dni zależnie od odmiany) i potem wysiana — kłosi się normalnie. U roślin jarych stadium termiczne trwa krócej i przebiega w wyższych temperaturach.

82. PO PRZEJŚCIU STADIUM TERMICZNEGO ROŚLINY WCHODZĄ W STADIUM ŚWIETLNE. Normalne przejście tego stadium uzależnione jest od określonej długości dnia. Nie od intensywności światła, ale właśnie od stosunku między długością dnia i nocy. Większość roślin południowych (u nas należą tu soja, konopie, proso) wymaga w tym okresie krótkiego dnia (8—12-godzinnego). W okresie krótkiego dnia faza wegetatywna skraca się, zakwitanie jest przyśpieszone. Rośliny tego typu nazywamy roślinami krótkiego dnia. Poddane oddziaływaniu długiego, np. 18-godzinnego dnia kwitną słabo i z opóźnieniem albo nawet wcale — rozwijają natomiast bujną masę zieloną. Rośliny długiego dnia (przeważnie północnego pochodzenia) reagują odwrotnie — w okresie długiego dnia przyśpieszają kwitnienie, w okresie krótkiego dnia przedłużają wzrost wegetatywny. Z naszych roślin uprawnych należą tu 4 główne zboża.

Nieliczne wreszcie rośliny, np. ziemniaki, wykazują słabą reakcję fotoperiodyczną i stąd nazywamy je obojętnymi. Ostatnio okazuje się, że w obrębie gatunku wystąpić mogą dość duże różnice reakcji fotoperiodycznych pomiędzy poszczególnymi odmianami. Roślina ozima, wysiana na wiosnę, nie zjarowizowana będzie rosnąć bujnie, ale nie wykłosi się. Wiele roślin przeniesionych na daleką północ, gdzie panuje bardzo długi dzień latem, nie zakwita.

W jednym i drugim wypadku rośliny nie znalazły się w czasie przechodzenia rozwoju stadialnego we właściwych warunkach i rozwój ich został zahamowany.

Przypuszczalnie w rozwoju indywidualnym rośliny istnieją jeszcze inne stadia rozwojowe, związane z określonymi warunkami środowiska.

Przejście przez roślinę każdego stadium rozwoju pociąga za sobą określone zmiany jakościowe i nieodwracalne, które zachodzą w protoplazmie embrionalnych komórek wierzchołka wzrostowego łodygi. Te zmiany stadialne są następnie przekazywane komórkom pochodnym, ale nie mogą przenosić się na wcześniej wytworzone komórki lub tkanki.

Dlatego też rozwinięta roślina może składać się z części znajdujących się w różnych stadiach rozwojowych. Najbardziej rozwinięte pod względem stadialnym, czyli inaczej mówiąc, stadialnie starsze, są komórki górnych części rośliny, powstałe już po przejściu przez nią głównych stadiów rozwojowych. Części zaś roślin znajdujące się u podstawy łodygi i powstałe jeszcze przed przejściem tych stadiów będą pod względem wieku starsze, ale stadialnie bardziej młode.

Należy ściśle odróżniać stadia faz rozwojowych, stadium, jak już wyżej zaznaczyliśmy, jest to określony etap w rozwoju rośliny, który powoduje wewnętrzne zmiany umożliwiające owocowanie.

Przejście określonego stadium nie jest związane z powstaniem jakiejś części organizmu.

Natomiast fazy rozwojowe są ściśle uzależnione od wzrostu roślin. Rozróżnia się fazy kiełkowania, krzewienia, strzelania w źdźbło, kwitnienia itd.

ROZDZIAŁ VII

# ZMIENNOŚĆ, EWOLUCJA, DZIEDZICZNOŚĆ [1])

83. ZMIENNOŚĆ I EWOLUCJA. Prosta obserwacja uczy nas, że czynniki środowiska wywierają wpływ na zmienność roślin. Wiemy, że zmiany te mogą być bardzo daleko idące.

Wystarczy porównać okazy tego samego gatunku wyrosłe w górach i na nizinach (ryc. 263). Zresztą obserwacje tego rodzaju możemy zrobić wszędzie. Jeżeli część ziarn z jednego kłosa pszenicy wysiać na piasku bez nawożenia, a drugą na żyznej glebie — to w pierwszym wypadku wyrosną rośliny niskie, wąskolistne, wcześniej dojrzewające, w drugim bujne, o ciemnej zieleni, dużych liściach i późniejsze w dojrzewaniu.

Jeżeli jednak będziemy porównywać bardzo starannie pomiędzy sobą rośliny z jednej i drugiej grupy — to poszczególne rośliny będą do siebie mniej lub więcej podobne, ale nigdy nie będą zupełnie jednakowe. Bowiem warunki, w których one się rozwijały, mogą być nawet bardzo zbliżone, ale nie będą zupełnie jednakowe, tym samym i rozwój nie będzie przebiegał zupełnie jednakowo.

Z drugiej strony łatwo zauważyć, że potomstwo dwóch osobników (roślin, zwierząt, ludzi) przeważnie nie jest zupełnie jednakowe.

Każde z nich ma cechy jednego lub drugiego z rodziców, albo też cechy pośrednie — a więc mogą się nieraz nawet bardzo różnić od siebie.

Do niedawna sądzono, że zmienność drugiego rodzaju, a więc zmienność potomstwa w stosunku do rodziców jest zupełnie niezależna od warunków, w których rozwija się organizm rodzicielski. I dlatego też

[1]) Niniejszy rozdział w swym ujęciu posiada odrębny charakter. Omawiane w nim zagadnienia są ważne zarówno z punktu widzenia przyrodniczego jak i dla dziedzin praktycznych, a więc rolnictwa przede wszystkim. Dlatego rozszerzyłem znacznie jego objętość. Omawiane zagadnienia nie należą same przez się ani do łatwych, ani do prostych. Mam nadzieję jednak, że czytelnik po przełamaniu pewnych oporów, jakie może nasunąć mu czytanie niektórych ustępów niniejszego rozdziału — nie będzie tego żałował. Cieszyłbym się — aby zdołał poprzez zmienność świata dojrzeć tę wizję, którą widział Darwin, która przyświeca tym wszystkim, co starają się pokierować ewolucją roślin uprawnych dla zaspokojenia potrzeb człowieka (A. Listowski).

zmienność występująca jako wynik oddziaływania różnych czynników świata zewnętrznego na rozwój rośliny, nazywana zmiennością modyfikacyjną, uważana była za niedziedziczną.

Zmienność dziedziczna związana z procesem rozrodu rządzić się miała zupełnie autonomicznie własnymi prawami.




Ryc. 263. Mniszek (*Taraxacum officinale*). — *A* Okaz wyhodowany na niżu. — *B* Okaz wyhodowany w górach przedstawiony w tej samej skali. — Według Bonniera

Dzisiaj w świetle badań Łysenki i jego szkoły wiemy, że tak nie jest, i że warunki zewnętrzne kształtują proces dziedziczenia i samą zmienność dziedziczną.

O tym jednak szczegółowiej piszemy nieco dalej. Na razie chciałbym stwierdzić tylko jedno: że zmienność niezależnie od swego źródła stanowi jedną z najbardziej zasadniczych cech organizmów żywych.

Warunki, w których rozwija się jeden i ten sam organizm w ciągu swego życia — są różne, stąd ten sam osobnik zmienia się w ciągu swego życia, a zmienność ta jest wyrazem zdolności przystosowywania się organizmu do warunków otoczenia. Mówimy wtedy o zmienności indywidualnej.

Ale organizmy żywe w przyrodzie występują zwykle w pewnych zbiorach, które nazywamy gatunkami, odmianami, rasami itd. albo ogólnie mówiąc populacjami.

Populacją będzie każdy zbiór osobników. Populacją będzie łan żyta i las dębowy, owce na hali, ul pszczeli.

Populacje mogą być naturalnie bardziej lub mniej wyrównane. Każda z nich składa się z osobników posiadających pewne cechy lub właściwości wspólne, a inne — różne.

Pojedynczy osobnik rozpatrywany w czasie nie jest pojęciem statycznym, ale dynamicznym. Rozwija się on i zmienia — każda zachodząca zmiana ma swoje przyczyny i pociąga za sobą określone skutki.

Również populacja nie jest czymś stałym — lecz na odwrót ruch — zmiana jest jej istotną cechą. Czyli że znów zmienność stanowi jedną z zasadniczych właściwości populacji.

Im warunki są bardziej korzystne, tym większa ilość typów, nawet mniej do życia przystosowanych, ma możność przeżycia i wydania potomstwa. Im warunki są ostrzejsze, trudniejsze, tym większa ilość osobników odpada. Na tym polega istota doboru naturalnego, który jest głównym czynnikiem ewolucji. Darwin doszukiwał się przyczyny doboru naturalnego w walce o byt.

Samo stwierdzenie faktu, że zmienność istnieje i że jest zjawiskiem powszechnym, nic nam nie mówi jeszcze ani o jej mechanizmie, ani o tym czy ma ona charakter przypadkowy, czy przyczynowy — czyli innymi słowy, czy wiąże się ona z określonymi warunkami i czy jest wyrazem określonej reakcji na te czy inne warunki.

Zbadanie mechanizmu zmienności — to w pierwszym rzędzie ujęcie procesu dziedziczności — a więc przekazywania jak i powstawania cech dziedzicznych — tj. cech przekazywanych przez osobniki czy osobnika macierzystego — potomstwu.

Wyjaśnienie mechanizmu zmienności — i dalej mechanizmu dziedziczności — stanowi podstawowe zagadnienia dla wyjaśnienia procesu ewolucji. Tak jak sam proces ewolucji stanowi kluczowe zagadnienie biologii współczesnej.

Wiemy już dzisiaj, że istnieje w przyrodzie zmienność kierunkowa i progresywna. Zmienność rozciągnięta w czasie, która obejmuje wszystkie żyjące organizmy — a więc będąca procesem historycznym, w ramach którego obserwujemy powiązanie wszystkich organizmów pomiędzy sobą, ich stopniowy rozwój od form prostszych do coraz bardziej się różnicujących. Proces ten wiążący wszystkie żywe organizmy i mówiący o ich wspólnym pochodzeniu nazywamy ewolucją. Ewolucji nie należy ujmować zbyt wąsko jako linii prostej, czy też wiązki linii równoległych, zdążających od organizmów prostszych do coraz wyższych.

Można najlepiej wyobrazić ją sobie jako coraz grubszą wiązkę linii rozciągniętych w czasoprzestrzeni — linii prostych i zakrzywionych — z których jedna łączy się z drugimi, inne odchylają się w bok i ukrywają ślepo.

Procesy ewolucji charakteryzuje szereg właściwości, z których podam tu najważniejsze:

a) Wspólne pochodzenie całego świata organicznego — od najprostszych organizmów.

b) Ewolucja jako proces zmienności kierunkowej i progresywnej przebiega wielokierunkowo, ale zawsze w kierunku od organizmów prostych do coraz bardziej się różnicujących.

c) Wyższe, bardziej zróżnicowane typy — jak np. rośliny nasienne u roślin i ssaki u zwierząt, a spośród ssaków człowiek, pojawiły się znacznie później na ziemi niż grupy pierwotne.

d) Różne grupy żyją nadal współcześnie, co tłumaczy się tym, że grupa mniej zróżnicowana zmienia się nadal — z jednej strony zdążając w kierunku zupełnie nowych form, z drugiej różnicując się w obrębie własnego typu.

e) Istotną cechą procesu ewolucyjnego jest utrzymywanie się przy życiu form przystosowanych do warunków życia. Te ostatnie zmieniając się stają się bodźcem czy przyczyną dla nowych procesów zmienności doprowadzających do wytworzenia się innych form.

Ewolucyjne podejście do świata organicznego — uznawane dzisiaj powszechnie przez wszystkich — i to w tym stopniu, że nie ma przyrodnika, który by uważał za możliwe zajęcie innego stanowiska, samo jednak jest wynikiem już nie ewolucji, ale wręcz rewolucji pojęć, jaka dokonała się w nauce od połowy XVIII do połowy XIX wieku.

Przez całe wieki uważano gatunki za absolutnie stałe. U podstaw tej wiary tkwiło podanie biblijne o początku świata, kiedy to Bóg stworzył wszystkie gatunki zwierząt i roślin. Znaczna część przyrodników do połowy XVIII wieku łącznie z wielkim niewątpliwie botanikiem szwedzkim Karolem Linneuszem wyznawała ten pogląd. Teologiczna koncepcja świata zbyt silnie ciążyła na umysłach i hamowała rozwój badań przyrodniczych. Przełamana przez Kopernika w odniesieniu do wszechświata, dopiero w 2 wieki później zaczęła ustępować pod naporem rozwijających się nauk przyrodniczych z dziedziny zjawisk biologicznych.

Sam jednak Linneusz, gdzieniegdzie wyrażał myśl, że jednak gatunki nie są tak stałe, jakby się to zdawało, a francuski botanik Bernard de Jussieu wskazywał na to, że istnieją cechy wspólne wielu gatunkom — stąd możliwe jest łączenie je w grupy wyraźnie różniące się od innych grup. Nasuwało się od razu pytanie, że jeżeli tak jest, to tkwi w tym jakaś przyczyna. Encyklopedyści francuscy, a głównie Diderot przyjmowali zmienność materii, a więc również i materii ożywionej. Znako-

mity zoolog francuski XVIII wieku Buffon stał już na stanowisku zmienności organizmu, a przyczyny tej zmienności widział we wpływach warunków życiowych.

Wreszcie Lamarck rozwinął już pierwszy system ewolucyjny. Dla Lamarcka gatunki nie są czymś stałym, zmieniają się one i przechodzą jedne w drugie. Dla Lamarcka motorem tych przemian są oddziaływania warunków siedliska. Na układ tych warunków organizm reaguje aktywnym przystosowaniem się do nich i te cechy przekazuje następnym pokoleniom. Mimo że w XVIII wieku było już wiadome, że rozwój organizmów następował stopniowo, zbyt bowiem już dużo danych dostarczyły badania geologiczne i palenteologiczne, to jednak danych tych było jeszcze zbyt mało na to, aby teoria Lamarcka mogła się przyjąć, tym bardziej, że w jego systemie znalazło się wiele błędów i dowolności w tłumaczeniu mechanizmu ewolucji. Pierwsza połowa XIX wieku, a głównie prace Cuviera i Geofry de St. Hilaire, nagromadziły dopiero olbrzymią ilość faktów na korzyść ewolucyjnego pojmowania zmienności świata organicznego.

Nowych danych dostarczyło rozwijające się rolnictwo. Rozwój kapitalizmu, przemysłu i miast sprawił, że rolnictwo zmieniało swój charakter. Z dawnego rolnictwa, zamkniętego w ramach gospodarki naturalnej, przetwarzało się w rolnictwo produkujące na rynek.

Rozpoczęto prace nad ulepszeniem dotychczas uprawianych roślin i hodowanych ras zwierząt domowych. Okazało się, że prace te dają wyniki. Kierowany ręką człowieka proces selekcji wytwarzał nowe typy, lepsze i wartościowsze od dotychczasowych.

Stało się jasne, że drogą selekcji można zmienić istniejące typy, a więc niejako praktycznie została dowiedziona zmienność gatunku.

W połowie XIX wieku materiał nagromadzony przez naukę i rolnictwo — a wskazujący na istniejącą zmienność organizmów — był już tak duży, że można było pokusić się o zebranie tego wielkiego materiału. Było to wielką zasługą Karola Darwina, właściwego twórcy teorii ewolucji i jednego z największych przyrodników.

Punktem wyjścia dla Darwina była selekcja kierowana przez człowieka i jej wyniki, uzyskane w wytwarzaniu nowych odmian. Darwin wyraźnie określał zmienność jako właściwość wszystkich organizmów.

Opierając się na istniejącym wówczas materiale naukowym Darwin nie mógł objaśnić występowania u pojedynczych osobników odchyleń, które nie miały wyraźnego związku ze środowiskiem. Odróżniał on więc zmienność przyczynową występującą jako wynik reakcji organizmu na określone warunki środowiska od zmienności nieokreślonej, występującej jakby bez przyczyn u pojedynczych osobników, które wtedy pod względem tych czy innych cech odchylają się od normy.

Odchyleniom tym Darwin przypisywał szczególną wartość selekcyjną, ale praktycznie skazywało to człowieka na zachowanie raczej

biernej roli przy doborze sztucznym, gdyż selekcję miał on opierać głównie na odchyleniach, których ani nie mógł wywołać, ani nie znał przyczyn, które ich powstawanie mogły wywołać.

Droga doboru sztucznego — a więc „kierowanego" przez człowieka według Darwina — była bowiem następująca:

Wśród uprawnych roślin i zwierząt domowych powstają osobniki o nowych cechach. O ile te nowe cechy przedstawiają dla człowieka jakąś korzyść, to wybiera on dane osobniki, krzyżuje je z innymi i w potomstwie znów dokonywuje selekcji. Tym samym utrwala on nową rasę i stwarza dla niej możliwości rozwoju.

Natomiast typy mniej odpowiednie zostają odrzucone i zanikają.

Dla różnych warunków klimatycznych czy gospodarczych ocena tego, co jest „korzystne", może wypaść różnie, stąd też selekcja dokonywana przez człowieka doprowadza do wytworzenia różnych ras i tym samym zwiększa zmienność danego gatunku. Co więcej, podobne początkowo rasy mogą na skutek dalszej zmienności i selekcji wariantów zacząć się tak bardzo różnić od siebie, że trudno je będzie zaliczyć do tego samego gatunku.

Powstają więc gatunki nowe w wyniku progresywnej zmienności osobników należących przedtem do jednego gatunku.

W analogiczny sposób powstają nowe formy, rasy, wreszcie gatunki w warunkach przyrody dzikiej. Ale jaki tu czynnik odgrywa rolę regulatora selekcji? — Na jakiej podstawie odbywa się dobór naturalny? — Czynnikami selekcji naturalnej są wszystkie warunki życia, w których dany osobnik czy zbiór osobników rozwija się, a więc środowisko. O ile dane formy czy typy są przystosowane do warunków danego środowiska, to zostają utrwalone i rozwijają się dalej. Przy braku przystosowania się stopniowo giną. Lamarck sądził, że organizmy niejako same przystosowują się i przekazują te nowe przystosowania następnemu pokoleniu. Błąd Lamarcka polegał właśnie na tym. Nie ma żadnych powodów ani żadnych danych do tego, aby przypuszczać, że istnieje celowość w naturze. Zakładając celowość musimy zakładać świadomość celu, co więcej, zdolność przewidywania. Naturalnie nic podobnego w przyrodzie nie istnieje. Ewolucja nie jest celową, ale jedynie kierunkową zmiennością i ujęcie Darwina jest słuszne.

Warunki środowiska nie są jednak zupełnie stałe i stąd organizmy muszą mieć zdolność przystosowywania się do niekorzystnego układu tychże. Zdolność ta jest rozmaita i jak ostatnio przekonaliśmy się, może ulegać pewnym zmianom w ciągu życia osobniczego. Dlatego też już dzisiaj nie ujmujemy selekcji zbyt mechanicznie. Darwin nie mógł jeszcze o tym wiedzieć, natomiast jako człowiek związany z prądami swojej epoki, którym patronowała ekonomia Smitha i Malthusa, zbyt silny nacisk kładł on na konkurencję pomiędzy osobnikami — czyli na walkę o byt.

Darwin też niesłusznie widział w walce o byt jeden z zasadniczych regulatorów procesu selekcyjnego.

Nie mógł również Darwin, mimo że we właściwy sposób ujął znaczenie zmienności dziedzicznej dla procesu ewolucji, wyjaśnić samego mechanizmu dziedziczenia. Nie miał jeszcze wówczas na to dostatecznych danych, zresztą zdawał sobie z tego sprawę.

Niemniej zasługi Darwina są olbrzymie i jego teoria ewolucji pozostaje do dzisiaj obowiązująca dla przyrodników.

Jest ona podstawową teorią biologiczną obejmującą swoim zasięgiem wszystkie organizmy żyjące, rośliny, zwierzęta i człowieka. Od czasów Darwina zaczął się olbrzymi rozwój nauk przyrodniczych, który trwa aż do dzisiaj.

Gdyby organizmy były sztywne i nie wykazywały zmienności (niezależnie od tego jaka jest zmienności przyczyna), gdyby zmienność ta nie łączyła się z procesem dziedziczenia, a więc gdyby „odchylenia" nie mogły być przekazywane następnym pokoleniom, nie istniałaby ewolucja

Zmienność i zdolność przekazywania cech i właściwości, a więc dziedziczność, należy do podstawowych czynników przyczynowych ewolucji. Poznanie więc przyczyn i mechanizmów tych obu procesów konieczne jest nie tylko dla zrozumienia procesu ewolucyjnego, ale budzi nadzieję, że może bodaj w pewnych granicach poznanie praw rządzących zmiennością pozwoli nam na kierowanie ewolucją w sposób dla człowieka pożądany.

Gdyby warunki na świecie były wszędzie jednakowe i nie wykazywały wahań, nie działałaby selekcja. Wszystkie odchylenia, powstałe na skutek zmienności, miałyby jednakowe szanse przeżycia z wyjątkiem kombinacji czy odchyleń dysharmonijnych, które by z przyczyn fizjologicznej natury nie były zdolne do rozwoju.

Wiemy jednak, że warunki środowiskowe — warunki, które wywierają wpływ na wzrost i rozwój organizmu od początku jego życia aż do śmierci, nie tylko że zmieniają się zależnie od epoki i miejsca na świecie, ale zmienne są w jednym i tym samym czasie. Dlatego też selekcja działa zawsze i wszędzie i stanowi obok zmienności i dziedziczności trzeci kształtujący czynnik ewolucji.

84. DZIEDZICZNOŚĆ. Nauka o dziedziczności, czyli genetyka, ma za zadanie wyjaśnienie powstawania cech dziedzicznych jak i mechanizmu przekazywania tych cech przez rodziców następnemu pokoleniu.

Obecnie dwie teorie genetyczne tłumaczą w sposób zupełnie różny, wręcz przeciwstawny sobie zjawisko dziedziczenia. Zgodnie z pierwszą teorią przekazywanie cech dziedzicznych jest wyłączną funkcją zawartej w komórkach rozrodczych plazmy rozrodczej a więc aparatu jądrowego. Aparat ten różni się w zasadniczy sposób od reszty ciała organizmu i dlatego też wszystkie impulsy czy nowe cechy nabyte przez organizm w ciągu życia osobniczego nie mogą być według tej teorii przenoszone

na następne pokolenie. Teoria ta zwana od swych twórców mendelizmem — morganizmem (albo genetyką formalną) odrzuca całkowicie możliwość zmiany kierunkowej organizmów poprzez oddziaływanie na warunki, w których odbywa się ich rozwój. Od warunków życiowych zależy jedynie indywidualny rozwój organizmu, lecz nie jego cechy dziedziczne.

Nowa genetyka, powstała dzięki pracom uczonych radzieckich Miczurina, Łysenki i jego uczniów, odrzuca te twierdzenia genetyki formalnej. Nie uznaje ona rozdziału na aparat rozrodczy i resztę ciała jak i autonomii plazmy rozrodczej. Dziedziczność kształtuje się i jest kształtowana pod wpływem warunków środowiska — i zmienione warunki stopniowo mogą skierować na inne tory procesy dziedziczenia, w wyniku których powstaną osobniki inne od poprzednich pokoleń i o ile warunki znów nie ulegną zmianie, te zmienione właściwości przekażą następnym pokoleniom.

Coraz liczniejsze fakty doświadczalne przemawiają na korzyść tego nowego ujęcia zjawisk dziedziczenia i stąd możemy uważać, że teoria genetyki formalnej przechodzi już do historii.

Ponieważ wnioski tak co do mechanizmu ewolucji jak i roli człowieka w procesie selekcji w świetle obu teorii wypadają zupełnie odmiennie — rozpatrzymy obie teorie dokładniej.

Twórcą genetyki formalnej był G r z e g o r z M e n d e l. Analizując przekazywane cechy barwy kwiatów dwóch odmian groszków pachnących kwitnących biało i czerwono — stwierdził on, że rozszczepianie cechy barwy da się ująć w pewne stosunki ilościowe. Te obserwacje uogólnione w „reguły Mendla" stały się podstawą całej dziedziny genetyki formalnej analizującej przebieg rozszczepiania się cech w mieszańcach.

Mendel krzyżował groszki pachnące o kwiatach białych i czerwonych. Pierwsze pokolenie (które znaczymy $F_1$) kwitło jednolicie czerwono. W drugim pokoleniu nastąpiło rozszczepienie na rośliny czerwono i biało kwitnące w stosunku trzy do jednego. Na tej podstawie stworzył Mendel pierwszą regułę, która twierdzi, że elementy przekazywane przez obu rodziców potomstwu stanowią pary i że przy tworzeniu komórek rozrodczych potomstwa człony każdej pary oddzielają się od siebie w ten sposób, że każda komórka rozrodcza zawiera tylko jeden człon każdej pary.

Jeżeli przyjmiemy, że istnieje czynnik wywołujący barwę czerwoną i oznaczymy go literą C, a czynnik wywołujący barwę białą oznaczymy literą B, i czynniki te umiejscowimy w komórkach rozrodczych, to w takim razie roślina macierzysta czerwona powstała przez zapylenie pyłkiem, który zawierał w sobie czynnik C — komórki jajowej z tym samym czynnikiem — i posiadały ten czynnik w podwójnej ilości, czyli homozygotycznie CC. Analogicznie rośliny białe byłyby BB.

Rośliny CC wydają wszystkie g a m e t y (komórki rozrodcze) z C, a białe z B. Jeśli je zapylić:

CC × BB

to pierwsze pokolenie będzie CB.

Mieszańce CB — wytworzą tu gamety dwojakiego rodzaju tak męskie jak żeńskie z C i z B.

♀ (znak żeński) BC ♂ (znak męski) CB

/\ /\

C B C B

w jednakowej ilości po 50%. Przy krzyżowaniu roślin drugiego pokolenia mieszańców mogą więc wytworzyć się cztery kombinacje:

C i C —→ CC rośliny czerwone dające potomstwo czerwone

B i C → } rośliny czerwono kwitnące
C i B → } dające potomstwo czerwone i białe

B i B —→ białe, czystego typu

po 25% — czyli stosunek czerwonych i białych będzie 3 : 1, jak w doświadczeniu. Roślina, która powstała z zapłodnienia dwóch gamet zawierających czynnik dziedziczny, czyli gen, jednakowy — wyda potomstwo jednolite — i nazywamy ją h o m o z y g o t ą. Mieszaniec, który powstał ze skrzyżowania dwóch różnych gamet — h e t e r o z y g o t ą.

W naszym wypadku „gen" na czerwoność, dominował nad białym, więc pierwsze pokolenie mieszańców nie różniło się zewnętrznie od czerwonego groszku homozygotycznego.

Cechę silną nazywamy d o m i n u j ą c ą, słabą — r e c e s y w n ą.

Często dominacja jest niezupełna i wtedy mieszaniec ma typ pośredni.

Jeżeli skrzyżować znaną roślinę doniczkową *Mirabilis,* czerwono kwitnącą z białą — to mieszaniec będzie różowy. W drugim pokoleniu nastąpi rozszczepienie 1 czerwony : 2 różowych : 1 biały, czyli stosunek roślin o kwiatach barwnych do białych jest 3 : 1.

Tu możemy się zapoznać od razu z jednym z zasadniczych pojęć genetyki, rozróżnieniu genotypu i fenotypu.

G e n o t y p — to zespół cech dziedzicznych, a więc to wszystko, co dziedziczymy po rodzicach i przodkach. F e n o t y p — to zewnętrzne ujawnienie się tych cech u osobników, a więc innymi słowy wynik ukształtowania się genotypu w danych warunkach rozwojowych. Przykład może najlepiej to wytłumaczyć.

Czerwono kwitną groszki CC i CB czyli, że w odniesieniu do barwy kwiatu są zewnętrznie jednakowe i dopiero analiza potomstwa wykazuje, że mimo jednakowego fenotypu mamy tu do czynienia z dwoma różnymi genotypami. I na odwrót, rośliny o tym samym genotypie mogą mieć różny fenotyp. Przypomnę tu choćby rośliny pszenicy pochodzące z ziarn jednego kłosa i uprawiane w różnych warunkach. Będą one różne mimo

jednakowego genotypu. I znów dopiero analiza potomstwa wykaże, że ich różność jest pozorna. Stosunek 3 : 1 odnosi się do tego wypadku, w którym formy macierzyste różnią się od siebie jedną cechą. Wypadek taki jest naturalnie rzadki. Przeważnie rośliny różnią się od siebie wieloma cechami, stąd rozszczepienia są nieraz bardzo skomplikowane. Również wiele cech ma charakter nie jakościowy a ilościowy.

Jeżeli skrzyżować dwie odmiany pszenicy o różnej wysokości słomy, to w potomstwie rośliny najniższe „wysokiej" rasy mogą być niższe od najwyższych „niskiej" rasy — a różnica między rasami uwidacznia się dopiero przy porównaniu średniej wysokości źdźbła. Dla przykładu rozpatrzmy układ rozszczepienia choćby tylko przy dwóch parach cech, np. przy krzyżowaniu grochu czerwono kwitnącego wysokiego z niskim biało kwitnącym. Symbol dla pierwszego będzie CCWW, dla drugiego NNBB.

CCWW × NNBB

gamety: CW | NB

$F_1$ ↓

CBWN — będzie czerwony wysoki mieszaniec ten wyda gamety czworakiego typu: CW, CN, BW, BN (męskie i żeńskie).

$F_2$ przy zapylaniu każda z czterech różnych gamet męskich ma jednakowe szanse zlania się z każdą z czterech żeńskich — stąd możliwa ilość kombinacji 16.

| ♀ ♂ | CW | CN | BW | BN |
|---|---|---|---|---|
| CW | CCWW czerw. wys. homozyg. | CCWN czerw. wys. | CBWW czerw. wys. | CBWN czerw. wys. |
| CN | CCWN czerw, wys. | CCNN czerw. nisk. | CBWN czerw. wys. | CBNN czerw. nisk. |
| BW | CBWW czerw. wys. | CBWN czerw. wys. | BBWW biały wys. | BBWN biały wys. |
| BN | BCWN czerw. wys. | BCNN czerw. nisk. | BBWN biały wys. | BBNN biały nisk. |

czyli stosunek fenotypów będzie:

9 wysoko czerw. : 3 czerw. nisk. : 3 białych wysok. : 1 białego nisk., ale z czerwonych wysokich tylko 1 będzie homozygotyczny w stosunku do obu czynników.

W podobny sposób następnie zanalizowano przebieg rozszczepienia przy 3, 4 i więcej czynnikach, wysuwając wniosek, że cechy dziedziczą się niezależnie od siebie. Jest to druga reguła Mendla.

Jednocześnie genetycy formalni wprowadzają także pojęcie genów kumulatywnych. Geny kumulatywne działają jednokierunkowo wzma-

cniając występowanie pewnej cechy. Np. szwedzki hodowca i genetyk Nilson-Ehle uważa, że czarna barwa plew u owsa zależy od współdziałania kilku genów, z których jeden jest genem podstawowym, a pozostałe oddziaływują tylko w kierunku ściemnienia zabarwienia. Tym to objaśnia on fakt, iż krzyżując owsy białe z czarnymi otrzymujemy szereg typów od białych — poprzez szare, ciemnoszare różnych odcieni do czarnych.

Drugą regułę Mendla można stosować we wszystkich wypadkach, gdy geny, warunkujące dwie lub więcej par cech znajdują się w różnych parach chromozomów. Dziedziczenie genów znajdujących się w tej samej parze chromozomów charakteryzuje trzecia reguła dziedziczenia — reguła sprzężenia.

Geny, które umieszczone są w różnych parach chromozomów, dziedziczą się niezależnie od siebie, geny zaś umieszczone w jednym chromozomie są ze sobą sprzężone. A ponieważ chromozomy będące nosicielami genów pozostają niezmienne nawet w komórkach znajdujących się w stanie spoczynku, to geny powinny się dziedziczyć grupami odpowiednio do ilości chromozomów. Inaczej mówiąc wszystkie geny w danym chromozomie powinny być ze sobą sprzężone.

Regułę tę jak również powiązanie genów z chromozomami sformułował T. Morgan.

Sprzężenie może czasem zostać zerwane, gdyż w jednej z faz podziału jądra chromozomy splatają się ze sobą, pękają i wymieniają między sobą oderwane części. U pewnych gatunków wymiana (crossingover) zachodzi tylko u samic *(Drosophila)*, u innych zaś tylko u samców (jedwabnik), a u niektórych gatunków (pewne rośliny obupłciowe) wymiana zachodzi u obu płci.

Także dziedziczenie płci uzależnia Morgan od istnienia specjalnych chromozomów płci. U niektórych form istnienie dwóch takich chromozomów decyduje o powstaniu samicy, a obecność zaś jednego z nich o powstaniu samca. A więc samica posiada budowę XX — a samiec X. Przy podziale redukcyjnym u samicy każde jajo zawiera tylko jeden chromozom — X.

U samca chromozom przechodzi przy podziale redukcyjnym tylko do jednej z dwóch wytworzonych komórek spermy, wskutek czego tworzą się dwa rodzaje plemników z X i bez X. Podczas zapłodnienia przypadkowe spotkanie się dowolnego jaja z dowolnym plemnikiem powoduje powstanie dwojakiego rodzaju osobników — XX, czyli żeńskich i X, czyli męskich i to w ilości około 50% jednych i drugich.

Korpuskularno-mechaniczna teoria genów nasuwała jednak coraz większe trudności i stąd część genetyków zaczęła rozwijać chemiczną teorię genów. Gen według nich byłby drobiną lub skupieniem bardzo małych drobin złożonych z białek zwanych nukleoproteidami. Geny mają działać w ustroju podobnie do znanych z chemii fermentów. Gen byłby czymś w rodzaju sygnału wywoławczego dla różnych reakcji w roz-

wijającym się organiźmie — wywołuje je i przyśpiesza. Działanie więc genu można by przyrównać do katalizatora, który przyśpiesza reakcję nie biorąc w niej udziału. W chemii wypadki takie są dobrze znane. Ale gen byłby szczególnym katalizatorem, bo niezużywającym się, ale odwrotnie — rozmnażającym się.

Przyjęcie chemicznej natury genu nie usuwało narastających trudności i stąd inni genetycy wprowadzili pojęcie genu ulokowanego w plaźmie. Takie byłyby zasadnicze twierdzenia teorii genetycznej. Niezależnie od wprowadzonych zmian w ujmowaniu genu niezmienne pozostaje autonomiczne jego ujęcie — a więc uniezależnione od wpływów środowiska.

Niezależnie od interpretacji genów — te ostatnie modelują tylko somatyczną część organizmu nie wywierając wpływu na aparat rozrodczy, a więc i na geny.

Tym samym źródłem zmienności dziedzicznej w przyrodzie według genetyki formalnej może być wyłącznie:

1) powstawanie nowych form w wyniku kombinowania się genów przy krzyżowaniu,
2) zmiany w samych genach, czyli mutacje.

Poprzez krzyżowanie możemy wytworzyć sztucznie, albo też wytwarzają się na drodze naturalnej wciąż nowe formy. Nawet stosunkowo podobne do siebie typy, zaliczone przez botaników do jednego i tego samego gatunku, różnią się z reguły od siebie dużą ilością cech. Cechy te są nieraz drobne, ale nie jest istotne to, że są drobne, ale to, że są różne. Ponieważ większość roślin należy do obcopylnych więc wciąż w każdym następnym pokoleniu mogą się pojawiać nowe formy, u których nieraz, zdawałoby się, drobne odchylenia w tych czy innych cechach mogą okazać się wcale nie drobne w walce o byt. Nawet u roślin samopylnych zawsze w pewnym niedużym procencie może dojść do obcopylności, co umożliwi następne rozszczepianie się nowych typów. To pojawienie się nowych form może przybrać tym szerszą skalę, im rośliny macierzyste więcej różniły się w swoim genotypie od siebie. Hodowcy roślin wyprowadzili najcenniejsze odmiany krzyżując takie właśnie odległe formy.

Odmiana pszenicy jarej „Marquis", która wysiewana jest w Kanadzie na olbrzymich przestrzeniach — powstała ze skrzyżowania pszenicy indyjskiej z ościstą jarką z Podkarpacia.

Jeszcze większe możliwości otrzymamy obserwując mieszańce międzygatunkowe. Najczęściej siewany u nas typ lucerny — jest mieszańcem pomiędzy dziką żółto kwitnącą lucerną a siewną południowo-europejską. Po uprawnej odziedziczył dużą masę liści, po dzikiej znacznie wyższą zimotrwałość.

Sztucznie otrzymane mieszańce pomiędzy pszenicą a perzem, żytem a pszenicą dają nam zupełnie nowe rośliny, które już częściowo znalazły zastosowanie w praktyce rolniczej.

Drugim czynnikiem działającym w kierunku zwiększenia zmienności są mutacje. Mutacjami nazywają się nagłe zmiany w genotypie, a więc zmiany przekazywane następnym pokoleniom. Mutacje mogą być różnego typu:

W pierwszym wypadku ani geny, ani chromozomy nie podlegają żadnym zmianom, a tylko ilość chromozomów zwiększa się. To zwiększanie się ma przeważnie charakter uwielokrotnienia. Mamy więc 2, 3, 4 razy większą ilość chromozomów niż w formie wyjściowej. Formy takie nazywamy poliploidami.

Takie szeregi poliploidalne są bardzo pospolite w świecie roślinnym tak wśród roślin dzikich jak i uprawnych. Z tych ostatnich, np. pszenica o gatunkach 14 — 21 i 42 — chromozomowych, tytoń, wyka, rodzaj *Solanum* — 24 — 36 — 48 — 60, do którego należy 48 — chromozomowy ziemniak. Poliploidy wywoływane są również sztucznie czy to działaniem niskich temperatur, promieniami Roentgena, różnymi narkotykami jak np. kolchicyną, b. silnie trującym alkaloidem, wytwarzanym przez pospolitego na wielu łąkach podgórskich ziemowita *(Colchicum autumnale)*. Poliploidy przeważnie różnią się wyraźnie od formy wyjściowej, są bujniejsze, o większych ilościach i kwiatach, ale najczęściej mało płodne.

Drugi typ mutacji związany jest ze zmianami w samych chromozomach. Zmiany te mogą być najróżnorodniejsze, chromozomy mogą pękać podłużnie, rozpaść się na kilka części, te albo znikną, albo rozdzielają się przypadkowo pomiędzy oba jądra potomne, czasem pojedyncze lub całe chromozomy wędrują do niewłaściwego jądra, albo też część chromozomu ułamuje się i przyczepia się do innego chromozomu.

Znane są też wypadki, w których następuje zanik części chromozomu. Wszystkie te zaburzenia wywołują od razu pewne zmiany w fenotypie roślin nimi dotkniętych.

Najważniejsze jednak są mutacje tego typu, przy których aparat chromozomów nie ulega żadnym zmianom, natomiast zmienia się, jak sądzi genetyka formalna, gen.

Mutacje po raz pierwszy zostały opisane przez de Vriesa u wiesiołka *(Oenothera Lamarckiana)*. Odtąd znaleziono i opisano b. wiele mutacji u różnych roślin.

Ale np. u lwiego pyszczka, który należy do roślin genetycznie b. dobrze poznanych, stwierdzono występowanie mutacji w ilości 5—10%, a więc b. dużej. Skłonność do mutowania u różnych gatunków i odmian jest b. różna. Wreszcie niektóre geny wydają się bardziej stałe, inne bardziej zmienne.

Z początku ograniczano się do obserwowania mutacji powstających spontanicznie, a więc w warunkach naturalnych. Od niedawna przekonano się, że mutacje można wywoływać doświadczalnie, działając promieniami Roentgena, radem, promieniami ultrafiołkowymi, temperaturą. W warunkach doświadczalnych otrzymano dużo więcej mutacji niż ob-

serwowano w warunkach naturalnych. U małej muszki *Drosophili*, która jest ulubionym obiektem genetyków, ilość mutacji w warunkach naturalnych wynosi do 10%, w doświadczalnych podniosła się do 70%, przy czym do pewnych granic ilość mutacji zwiększała się wraz z natężeniem naświetlania.

Zmienność mutacyjna ma zawsze charakter przypadkowy i nie może być przez człowieka kierowana.

Nie wystarczy też ona do wyjaśnienia zmienności występującej w przyrodzie.

Zanim przejdę do omówienia nowej genetyki, należałoby jeszcze poświęcić nieco uwagi zagadnieniu selekcji. Jest ona trzecią składową mechanizmu ewolucji i słusznie Darwin nadał jej tak duże znaczenie w swojej teorii. Elementami selekcji, jeśli chodzi o rośliny, będą czynniki klimatyczne, jak światło, temperatura i opady — poza tym glebowe, jak gleba, woda i stosunki pokarmowe, wreszcie czynniki wynikające ze współżycia organizmów lub walki o byt. Elementem selekcji jest również człowiek. Drogą uprawy czy nawożenia stwarza on specjalnie korzystne warunki dla roślin reagujących na te zmiany zwiększeniem swej produktywności. Selekcji, prowadzonej przez siebie, człowiek stara się naturalnie nadać kierunek dla siebie pożyteczny. Im w większym stopniu człowiek potrafi poznać i kształtować warunki środowiska jak i rozwój uprawianych przez siebie roślin, w tym większym stopniu potrafi on kierować procesem selekcyjnym, a więc i ewolucją.

W przyrodzie obserwujemy z reguły, że organizmy przystosowane do życia w danych warunkach — w nich rozwijają się najlepiej. Ewolucja jest w dużym stopniu ewolucją przystosowań. Ponieważ zarówno wymagania roślin są różne jak i zmienne są warunki, w których one się rozwijają, więc też selekcja działa zawsze i stale, nie zawsze jednak z jednakową siłą. Im warunki danego siedliska są dalsze od optymalnych dla danego zbioru osobników czy też dla danego osobnika, tym działanie selekcji jest silniejsze. Tym szybciej prowadzi ona do zmiany typu populacji lub zmiany reakcji osobnika.

Posiadamy dużą ilość dokładnych obserwacji, stwierdzających działanie selekcji na zbiory roślin. Badania T u r e s s o n a wykazały istnienie wielu tzw. ekotypów, a więc populacji o jednolitej reakcji na warunki środowiska. Pochodzenia choćby koniczyn czy lucern (prowansalska, węgierska, turyngska) stanowią właśnie tego rodzaju ekotypy. Ekotypy północne czy górskie składają się z reguły z roślin drobniejszych, wcześniejszych i bardziej zimotrwałych. To modyfikujące oddziaływanie klimatu może czasem iść tak daleko, że botanicy opisują te formy jako odrębne gatunki, że wspomnę tylko *Solidago virgo aurea* i *Solidago alpestris*.

Na różnych typach gleb rozwijają się różne ekotypy glebowe, a więc zespoły roślin wyraźnie różniące się swymi potrzebami w stosunku do gleby, jej składu chemicznego i fizycznego.

Wreszcie czynniki biotyczne, a więc walka o byt roślin w zespole prowadzi również do wytworzenia się różnych typów.

Nasuwa się tu jednak pytanie bardzo ważnej i zasadniczej natury — czy rola selekcji jest tylko bierna i spełnia ona funkcje jedynie siły różnicującej i eliminującej z populacji organizmy nie przystosowane do danych warunków. Czy też selekcja może być siłą aktywną — czy może kształtować nowe typy, prowadząc do zmiany reakcji u osobnika z tym, że ta zmieniona reakcja może być następnie utrwalona i przekazana następnym pokoleniom. Chodzi tu o stary bardzo problem dziedziczenia cech nabytych. Szereg dawniejszych doświadczeń, dzięki, jak się to później okazało, błędom metodycznym nie zdołał dostarczyć dowodu na to, że cechy nabyte, a więc modyfikacje mogą się utrwalić i dziedziczyć. Co więcej, Johannsen w swych doświadczeniach nad czystymi liniami fasoli, zdawało się, że bezapelacyjnie wykazał, że dziedziczna jest jedynie zmienność genetyczna i umocnił stanowisko wynikające z założeń genetyki formalnej. Ta ostatnia, zakładając niezależność procesu dziedziczenia od wpływu czynników środowiska, widzi w selekcji jedynie siłę różnicującą. Selekcja izolowałaby tylko różne typy tkwiące już uprzednio w populacji — raz te, a drugi raz inne — zależnie od układu warunków siedliska. Natomiast nie może ona wytworzyć nic nowego. Założenie to przyjmuje, że kompleks możliwości dziedzicznych jest niejako z góry ustalony i ograniczony. Organizm powstaje jako wynik jednego z bardzo wielu możliwych skutków kombinowania się genów. Ilość tych możliwych kombinacji jest bardzo duża, selekcja wybiera i utrwala te, które są najlepiej dopasowane do danych warunków życiowych, a skazuje na śmierć niedopasowane.

Genetyka formalna zamknęła więc organizm w ramach sztywnego układu odziedziczonego. Wszystkie cechy i właściwości żywego organizmu są wynikiem danej kombinacji genów, kombinacji mającej charakter zdarzeń losowych.

Tego rodzaju stanowisko wzbudzało od dawna już szereg wątpliwości. Obserwacje Bonniera i innych botaników nad zupełną zmianą różnych gatunków roślin przy przeniesieniu w inne warunki, np. z niżu w góry, bardzo trudno i niezupełnie mieściła się w ramach schematów genetyki formalnej. A już zupełnie nie mieścił się w tych ramach szereg obserwacji podawanych przez wielu rolników i hodowców roślin, z których wynikało wyraźnie, że wiele odmian roślin uprawnych — choćby były nawet czystymi liniami — zmieniało się stopniowo przy przeniesieniu w inne warunki. Stwierdzono ponad wszelką wątpliwość, że wartość ziarna siewnego jednej i tej samej odmiany jest bardzo różna w zależności od pochodzenia ziarna — czyli od warunków, w których rozwijały się rośliny macierzyste. Pszenice jare, sprowadzane do nas z Zachodu, wyraźnie w ciągu kilku lat obniżyły swoją jakość ziarna. Różne odmiany owsów w zależności od czasu siewu dawały ziarno o bardzo różnej wartości i stąd plon, jaki wydawały rośliny pochodzące od ziarna

z tych różnych pochodzeń, wykazywał wahania dochodzące prawie do 70%. Przy czym różnice te utrzymywały się w następnych pokoleniach.

Fakty tego rodzaju zupełnie nie mieściły się w ramach teorii Johannsena o czystych liniach — teorii podstawowej przy ujmowaniu zjawisk dziedziczności w myśl zasad genetyki formalnej. Pomijanie ich milczeniem świadczy jeszcze raz o tym, że i w nauce często nie bierze się pod uwagę lub nagina się w sposób sztuczny pewne fakty niezgodne z panującą teorią. Dopiero prace Łysenki i jego uczniów nad jarowizacją i jego teoria stadiów rozwojowych dała klucz do innego ujmowania zjawisk dziedziczności.

W świetle tej teorii zarówno poprzednie obserwacje, niezrozumiałe z punktu widzenia genetyki formalnej i interpretowane jako błędne, jak i nowe otrzymane przez uczonych radzieckich (o których dokładnie poniżej), stawały się jasne.

W świetle tych faktów zmienia się również ujęcie znaczenia selekcji — nie jest ona już tylko siłą różnicującą i bierną, ale aktywnym czynnikiem w procesie ewolucji.

Nową genetykę, której twórcami są Miczurin i Łysenko, moglibyśmy nazwać genetyką fizjologiczną, gdyż podkreśla ona znaczenie procesów fizjologicznych w kształtowaniu się dziedziczności. Możemy ją nazwać również genetyką agrobiologiczną, gdyż tezy jej zostały wypracowane przy rozwiązywaniu zagadnień rolniczych i ponieważ obiektem jej badań są rośliny i zwierzęta użytkowe.

Nowa genetyka wychodzi z założenia, że prawo nieustającej zmienności rozwoju, działające w przyrodzie, odnosi się również do pojedynczych osobników. Osobnik wraz z wszystkimi swoimi właściwościami, a więc i cechami, jest pojęciem dynamicznym, a więc zmiennym. Również wszelkie tego rodzaju pojęcia, jak gatunek, rasa, są pojęciami dynamicznymi.

Podobnie jak i osobnik, są one tylko przejściowymi węzłami czy ośrodkami równowagi, jakby wirami w nurcie wiecznie płynącej rzeki, której na imię — zmienność kierunkowa określona (bo związana z warunkami, w których organizmy żyją) organizmów w czasoprzestrzeni.

Nie tylko zbiory różnych organizmów, czy też różne osobniki wykazują odmienne przystosowania i wymagania, ale jeden i ten sam osobnik w różnych okresach swego życia potrzebuje innych warunków dla swego rozwoju.

Dlatego też nowa genetyka, badając zjawiska dziedziczności, bierze pod uwagę populację, ale się na niej przy analizie nie opiera, gdyż sądzi słusznie, że właściwym punktem wyjścia jest obserwacja osobników i ich cyklu rozwojowego przebiegającego w określonych, aczkolwiek zmiennych, warunkach siedliska.

Punktem wyjściowym dla nowej genetyki są z jednej strony zagadnienia krzyżówek wegetatywnych, z drugiej teoria stadiów rozwojowych

i możność zmieniania kierunku rozwoju roślin — przez zmianę warunków przechodzenia stadiów.

Te zagadnienia wyjściowe, rozwijane w szeregu prac przez Miczurina, a następnie Łysenkę i jego uczniów, doprowadziły do wyciągnięcia wniosków, które zmuszają do daleko idącej rewizji sposobu ujęcia procesu dziedziczenia. Rewizji, która mechanizm dziedziczenia stawia w innym świetle niż to wynikało z założeń genetyki formalnej.

W myśl genetyki formalnej krzyżówki wegetatywne są właściwie niemożliwe. Jeżeli szczepimy jedną roślinę na drugiej, to wpływ podkładki na zraz ograniczy się do somatycznej części rośliny, natomiast nie wywrze żadnego wpływu na komórki rozrodcze, a więc ani na nasienie, ani na następne pokolenia. Z punktu widzenia weissmanowskiego ujęcia taki wniosek jest jedynie logiczny. Czy jednak tak jest? Wyniki uzyskane przez radzieckiego uczonego, hodowcę roślin Miczurina, wskazują na niesłuszność tego wniosku.

Miczurin przez szereg lat zajmował się wytwarzaniem nowych odmian drzew owocowych odpowiednich dla Rosji Centralnej i Północnej. Nowych typów szukał on na drodze krzyżowania form daleko od siebie odległych albo międzygatunkowych. Jest rzeczą wiadomą, że krzyżując typy o różnych przystosowaniach mamy większe szanse uzyskania w potomstwie „czegoś nowego", niż krzyżując formy bliskie.

Przy krzyżówkach międzygatunkowych to prawdopodobieństwo jest jeszcze większe. Łączą się tu różne aparaty chromozomalne. Jak wiadomo, właśnie ta różność jest przyczyną, że krzyżówki międzygatunkowe często się nie udają, ale wydają tylko znikomą ilość nasion, przy czym powstają często organizmy dysharmonijne i bezpłodne. Często, ale nie zawsze — natomiast zwykle, jak to zauważył Miczurin, mieszańce są plastyczniejsze, tak jakby strukturalnie były bardziej płynne, i stąd łatwiej ulegające wpływom tych czy innych zmian w warunkach siedliska.

Ponieważ Miczurin, jak to było do przewidzenia, natrafiał często na trudności przy krzyżowaniu międzygatunkowym, starał się on wypracować metodę, która by pozwoliła na ich przełamywanie. Jest to tak zwana metoda pośrednika. Przekonawszy się, że brzoskwinia i migdał uprawny nie krzyżują się, Miczurin skrzyżował najpierw migdał uprawny z dzikim, a następnie otrzymano mieszańca z rośliną wyjściową. Miczurin wypracował jeszcze inną metodę najbardziej interesującą, tak zwaną metodę mentora, czyli wstępnego fizjologicznego zbliżenia.

Jeżeli na przykład grusza nie da się od razu skrzyżować z jabłonią, to staje się to możliwe, gdy siewkę gruszy zaszczepimy uprzednio na jabłoni. Wtedy zraz (siewka gruszy) rozwija się ściśle w łączności z podkładką (w danym wypadku całe drzewko). Widocznie wpływ „podkładki" (drzewko) jest na tyle duży i wpływa tak zdecydowanie na rozwój siewki, że umożliwia skrzyżowanie. Doświadczenia te są wyraźnym

dowodem na to, że istnieje oddziaływanie fizjologiczne „podkładki" (byleby ona była dostatecznie duża) na „zraz" i to nie tylko w sensie somatycznym, ale również generatywnym.

Prace Miczurina rozwinięte zostały przez Głuszczenkę i innych. na roślinach jednorocznych. Pytanie bowiem następne, jakie się narzucało i wymagało odpowiedzi, było następujące — jeżeli istnieje tak silny wpływ fizjologiczny „podkładki" na „zraz", to o ile zbierzemy ze „zrazu" nasiona i wysiejemy je, czy ten wpływ uwidoczni się również w następnym pokoleniu uzyskanym na drodze płciowej. Dla przykładu podam tu wyniki prac Głuszczenki nad zmianami barw owoców u pomidorów.

Szczepił on młodziutkie siewki pomidorów należących do odmian żółtoowocowych na czerwonych. Jeżeli siewka była już przesunięta w rozwoju — wpływ „zrazu" nie uwidocznił się. „Zraz" wydawał owoce żółte i te z kolei dawały rośliny żółtoowocowe. Jeżeli natomiast szczepiona siewka była bardzo młoda, to często obserwowano zjawisko, że wydaje ona owoce żółte, żółte z odcieniem czerwonym, czerwonawym, a nawet czerwone — przy czym na krzaku występowały nieraz różne typy zabarwienia. Nasiona zebrane z tych owoców i wysiane wydały rośliny zachowujące się podobnie, to znaczy, wykazujące krzaki o różnych typach zabarwienia.

Wystąpiło więc zjawisko podobne do tego, jakie obserwowaliśmy przy rozszczepianiu się mieszańców, według schematów Mendla — tylko, że właśnie nie było tu krzyżowania, ale jedynie fizjologicznie oddziaływanie jednego organizmu zaawansowanego w rozwoju na drugi, znajdujący się w pierwszych stadiach rozwojowych. Doświadczenia te dowiodły wyraźnie, że „krzyżówki" wegetatywne są możliwe, że jeden z partnerów rozwojowo zaawansowany jest w stanie tak silnie oddziałać na drugi, że przestawia jego rozwój i zmienia jego cechy w sensie dziedzicznym.

Teoria stadiów rozwojowych, omówiona w rozdziale VI, pogłębia bardzo znajomość rozwoju indywidualnego organizmu roślinnego. Fakt, że możemy w sposób niejako sztuczny zjarowizować np. roślinę ozimą, wskazywał wyraźnie na to, że pojęcia takie jak „ozime", „jare" mają charakter względny, gdyż należy je uzupełnić pytaniem — „ozime" „jare", dobrze — ale w jakich warunkach. Prace nad sztuczną jarowizacją nasunęły Łysence wniosek, że nie należy wiązać w zbyt sztywny sposób układu warunków w okresie przechodzenia danego stadium z samą możnością ich przechodzenia. To, że roślina najczęściej normalnie się rozwija wtedy, jeżeli w okresie przechodzenia stadiów warunki układają się w sposób zbliżony do tych, jakie panowały w poprzednich jego pokoleniach — a więc te, do których ona jest najlepiej przystosowana — nie znaczy wcale, aby, zmieniając układ warunków, nie można było przestawić rośliny, zerwać korelatywną zależność rozwoju rośliny od warunków np. układu A i ustanowić nowy związek korelatywny układem np. B.

To przypuszczenie okazało się bardzo płodne w następstwa. W szeregu prac Łysenko i jego uczniowie wykazali, że, zmieniając warunki termiczne procesu jarowizacyjnego, możemy zmieniać rośliny „ozime" na „jare" i na odwrót, przy czym ta zmieniona właściwość przekazywania jest drogą generatywną na następne pokolenia. Niezależnie od tego procesem zmienności objęty zostaje często szereg innych cech jak czas dojrzewania, odporność na choroby, czy morfologicznych — jak kształt kłosa, ościstość, wielkość i barwa ziarna, a więc cech zdawałoby się w b. dużym stopniu ustabilizowanych.

Przytoczymy kilka przykładów z prac uczniów Łysenki, Awakjana, Zarubajło, Karapetjana i innych.

W wielu doświadczeniach zauważono przy tym daleko idące zmiany cech morfologicznych. W zmienionych w jare niektórych liniach odmiany pszenicy „Kooperatorki" pojawiły się rośliny o kłosach gałęziących się.

U odmiany polskiej ozimej — lna — należącej do *var. albidum*, a więc o kłosie i ziarnach białych, po przestawieniu jej na jarą, pojawiły się w różnych liniach kłosy ościste, czerwone z ziarnem czerwonym, omszone, ościste z ziarnem czerwonym — a więc cała mozaika u typów uważanych za bardzo ustalone.

U przestawionej na ozimą pszenicy twardej pojawiły się w zwiększającej się z pokolenia na pokolenie ilości typy morfologiczne tak podobne do pszenicy miękkiej, że taksomicznie kłosy te musiały być zaliczone do *T. vulgare.*

Jeszcze jeden przykład z doświadczeń: wyjściowe superelity odmiany ozimej pszenicy „Ukrainka", jarowizowane przez 44 dni i wysiane na wiosnę. Rośliny te wykłosiły się i wybrano z nich 28 linii pojedynczych kłosów, resztę zmłócono razem. Zarówno linie, jak resztę zmłóconą oraz kontrolne ziarna z wyjściowej próbki, lecz nie jarowizowane, wysiano na drugi rok na wiosnę.

Kontrolne, jak było do przewidzenia, nie wykłosiły się. Reszta składająca się z mieszanki roślin, z których jedne wykłosiły się normalnie (więc były przestawione), częściowo lub tylko strzelały u źdźbła, ale nie wiązały kłosa (częściowo przestawione), inne wreszcie zatrzymały swój rozwój na stopniu krzewienia (nie przestawione). Podobny obraz dało potomstwo z roślin wybranych, a więc w obrębie tego, co nazywa się czystą linią. Wynik ten wyraźnie przemawia przeciwko ujęciu omawianych zmian jako selekcji w populacji na odwrót, rola selekcji sięga tu głębiej, nie jest ona wyłącznie czynnikiem różnicującym wśród gotowych genotypów, ale jest czynnikiem, który kształtuje rozwój indywidualny. Przy zmienionych warunkach przechodzenia stadium jarowizacji, a więc przy zmienionym kierunku oddziaływania selekcji, ten jej kształtujący wpływ nie ogranicza się do somy, jak zakładała genetyka formalna, ale rozciąga się na następne pokolenia. Chwiejne i odwracalne z początku przemiany utrwalają się następnie i prowadzą do utworzenia nowej, dziedzicznie od-

rębnej od wyjściowego typu formy. Można z tego wyprowadzić wniosek o twórczym oddziaływaniu selekcji w procesie ewolucji — tym samym stanowi ona jedną z sił ewolucji, stających się źródłem zmienności i to zmienności kierunkowej, określonej, przystosowawczej — aczkolwiek skądinąd zachowuje ona znaczenie czynnika ograniczającego zmienność.

Przypomnę tu nomenklaturę Darwina i jej zmienność dziedziczenia określoną i nieokreśloną. Ta druga według genetyki formalnej jako wyraz zmienności modyfikującej miała być z reguły niedziedziczna.

Ewolucyjna zmienność w przyrodzie zależała więc od tych „nieokreślonych" zmian w sposób przyczynowo-kierunkowy, nie związany z wpływami środowiska.

W świetle przytoczonych doświadczeń sytuacja wygląda zupełnie inaczej. Jeszcze jedna uwaga: powróćmy do wyników doświadczenia z wysianymi nasionami z wyboru kłosów, a więc czystych linii, które mimo tego, że były czystymi liniami i można się było spodziewać (znów w myśl założeń genetyki formalnej) jednolitej reakcji wszystkich roślin, linie te wykazywały odchylenia od zachowujących się jak jare do zachowujących się jak ozime. Fakt ten można wytłumaczyć tym, że rośliny, które zostały działaniem zmienionych warunków przestawione na inny tor rozwojowy, są wrażliwsze na wszelkie wahania w układzie warunków od roślin, u których procesy te biegną od dawna niejako ustalonym schematem. Mimo że wysiewamy ziarna z jednego kłosa, to jednak ziarna te bardzo różnią się wielkością, ilością materiałów pokarmowych w nich zawartych, energią kiełkowania itp. Następnie trudno sobie wyobrazić, aby wszystkie ziarna znalazły się w jednakowych warunkach głębokości siewu, wilgotności itp. Te mikro-różnice w warunkach siedliska, które normalnie nie wywierają większego skutku na proces rozwojowy — przy roślinach o zmienionym, a jeszcze nie utrwalonym kierunku rozwoju stadialnego mogą i na pewno wywierają wpływ bardzo duży.

Inną jeszcze przyczyną tych różnic może być i to, że właśnie dzięki tym indywidualnym różnicom między roślinami czystych linii one same nie tylko, że uległy wpływom nieco odmiennych warunków, ale stopień dokonanego przestawienia stadium jarowizacji mógł wypaść u różnych roślin nieco odmiennie. Sam ten fakt może być dalszą przyczyną rozchodzenia się szeregu zmienności niezależnie od stopnia jednolitości pochodzenia materiału. Darwinowska „zmienność nieokreślona" nie byłaby więc nawet wyrazem tzw. przypadku, ale następstwem tego rozchodzenia się szeregu zmienności w procesie rozwoju indywidualnego w ciągu kilku pokoleń, mimo że punkt wyjściowy dla tych zmian stanowiły jednokierunkowe, aczkolwiek różne co do nasilenia reakcje poszczególnych roślin, na zmieniony układ warunków zewnętrznych.

Zasadniczo nie ma powodu do przypuszczenia, że przestawiać rośliny można wyłącznie na stadium jarowizacyjnym, można i w okresie stadium świetlnego, tylko stadium termiczne jest lepsze, bo naginanie i przesta-

wianie roślin udaje się tym łatwiej, im na wcześniejszych stadiach rozwojowych jest dokonywane.

W ciągu rozwoju indywidualnego każde następne stadium przygotowane jest już niejako przez poprzedzające je stadium. Im to stadium jest późniejsze, tym niejako indukcja wywarta przez warunki, w których stadium to przechodziły poprzednie pokolenia, jest silniejsza.

Jeżeli chcemy przestawić roślinę w okresie stadium świetlnego, to łatwiej tego dokonamy zmieniając warunki przebiegania stadium termicznego niż wtedy, kiedy rośliny zjarowizują się w warunkach dotychczasowych. I odwrotnie — o ile pragniemy, aby rośliny, mimo przestawienia się na inny sposób przechodzenia stadium termicznego, zachowały dotychczas właściwą im reakcję fotoperiodyczną, to należy uważać, aby faza ta przebiegała w warunkach dotychczasowych.

Dla zrozumienia zarówno samych założeń genetyki fizjologicznej jak i różnicy w stosunku do ujęć właściwych genetyce formalnej, jak wreszcie dla zrozumienia ważności tych spraw zarówno z punktu widzenia procesu ewolucji jak możności wykorzystania zmienności dla naszych celów, nasuwa się jeszcze kilka uwag.

Wiemy, że początek nowego osobnika niekoniecznie musi być wynikiem zlania dwóch komórek rozrodczych w zygotach. Możliwe to jest na drodze wegetatywnej, przy czym ostatnie badania Awakjana wykazały, że w pewnych wypadkach osobnik powstały na drodze wegetatywnego rozmnażania zaczyna swój rozwój indywidualny od tego samego punktu, co osobnik powstały na drodze aktu płciowego, to znaczy, od początku — od pierwszego stadium.

Natomiast genetyka formalna uważała, że proces dziedziczenia związany jest wyłącznie z komórkami rozrodczymi i aparatem chromozomalnym. Wszystkie zmiany zaszłe w procesie dziedziczenia mogą według tej teorii powstać wyłącznie i niejako autonomicznie w tychże komórkach, przy czym układ warunków zewnętrznych i ich wpływ na somatyczną część rośliny nie wywiera na procesy te żadnego wpływu. W myśl przytoczonych tu doświadczeń i rozważań założenie to jest co najmniej jednostronne. Niewątpliwie komórki rozrodcze są przekaźnikami właściwości dziedzicznych w tym sensie, że zapoczątkowują one rozwój przy rozmnażaniu płciowym i dają mu ogólną kanwę. Ale to, co nazwalibyśmy zespołem cech i właściwości dziedzicznych, tworzy się w ciągu rozwoju indywidualnego jako skutek oddziaływania warunków środowiska na roślinę i stopnia, w jakim roślina w poszczególnych stadiach swego rozwoju wpływy te przejmuje, a więc w jakim stopniu wpływają one na kierunek tychże procesów rozwojowych.

Jak widzieliśmy, przekazywanie zmienionych poprzez oddziaływanie na rozwój, właściwości dziedzicznych może nastąpić albo poprzez komórki rozrodcze, które utworzyły się w organizmach przestawionych, i w których komórki macierzyste organów rozrodczych posiadają już tę zmienioną tendencję rozwojową, albo też przy krzyżówkach wegetaty-

wnych drogą niejako zewnętrzną poprzez poddawanie się jednego partnera (zrazu) wpływom drugiego partnera.

Jeżeli badamy proces dziedziczenia cech, wyłącznie biorąc pod uwagę komórki rozrodcze, to ograniczamy zakres badania do pewnego tylko odcinka. Należy bowiem proces ten badać na płaszczyźnie rozwojowej starając się ująć przyczyny, które kierują tym rozwojem, np. jarowizowanie komórek rozrodczych czy zygoty nie miałoby sensu. Ani komórki rozrodcze, ani zygota nie są w stanie rozwijać właściwości, które są właściwe dopiero pewnemu stadium rozwojowemu. Niewątpliwie komórki rozrodcze roślin ozimych czy jarych są różne, ale one same nie są ani jare, ani ozime, staje się nimi dopiero rozwijająca się z nich roślina w okresie przechodzenia stadium termicznego, przy czym kierunek tego procesu, a więc charakter ujawnienia się danej cechy w osobniku nie jest już z góry założony w komórkach rozrodczych w sposób nieodwracalny. O ile warunki ułożą się podobnie jak w poprzednich pokoleniach, to rozwój potoczy się tą samą drogą, o ile warunki zmienimy, to zmienić możemy również kierunek rozwoju. I ten zmieniony kierunek rozwoju po utrwaleniu się przeniesiony będzie na następne pokolenia i będzie trwał aż do następnej zmiany.

Omawiany kierunek fizjologiczny w genetyce moglibyśmy nazwać twórczym darwinizmem.

Mimo całej rożnicy w nagromadzonych przez naukę faktach i nieco odmiennych interpretacjach wielu faktów, wreszcie i w postępie techniki naukowej, jaka dzieli nas od Darwina, łączy ten kierunek z darwinizmem, to samo położenie nacisku na twórczą rolę selekcji, to samo ujęcie ewolucji jako kierunkowej zmienności przystosowań.

Darwin w znacznej części zbudował swoją teorię ewolucji na obserwowaniu zmienności wśród roślin uprawnych i zwierząt domowych.

Genetyka fizjologiczna ściśle podkreśla swój związek z potrzebami życia, z praktyką i rolnictwem.

Genetyka formalna — zamykając świat zjawisk dziedzicznych w ramach zdarzeń losowych, odcinając go od kształtującego wpływu warunków otoczenia, warunków, które w dużej mierze mogą podlegać regulacji z naszej strony, ograniczała znacznie zakres naszych możliwości pokierowania roślinami i ich produkcyjnością zgodnie z interesem człowieka.

Nowa genetyka stawia sprawę odwrotnie. Jeżeli procesy dziedziczone są kształtowane przez warunki zewnętrzne, to mogą być i przez nas kształtowane, o ile poznamy związek pomiędzy rozwojem roślin a czynnikami świata zewnętrznego.

Nowy kierunek genetyki poza obiektywnymi i doświadczalnymi faktami, które za nim przemawiają, otwiera bardzo szerokie i nowe horyzonty przed hodowlą roślin i zootechniką, a więc przed rolnictwem. Czynnikiem ewolucji dla całego świata domowych zwierząt i uprawnych roślin staje się przede wszystkim człowiek.

ROZDZIAŁ VIII

# RUCHY ROŚLIN

85. RUCHY LOKOMOCYJNE. Tylko nieliczne rośliny zmieniają swoje położenie. Są to przy tym formy o najprostszej organizacji, jak wiciowce, które pływają w wodzie za pomocą wici — jak śluźnie śluzowców i niektóre okrzemki, które pełzają po podłożu. Częściej spotykanym zjawiskiem są ruchy komórek rozrodczych: pływek u glonów, plemników u mszaków i paprotników. Ruchy te są powolne. Tylko pływki śluzowca *Fuligo septica* przebywają 1 *mm* w ciągu sekundy. W innych wypadkach szybkość jest o wiele mniejsza: u pływek zielenicy *Ulva* (ryc. 45) 0,15 *mm/sek.*, u plemników paproci 0,015—0,030. Ruchy pełzające są jeszcze powolniejsze.

Na szybkość i kierunek ruchów lokomocyjnych wywierają wpływ różne czynniki zewnętrzne: ciepło, światło itp. Najłatwiej jest wykazać wpływ czynników chemicznych. I tak wpuszczając do kropli wody, zawierającej plemniki mchów, roztwór cukru trzcinowego (buraczanego) za pomocą kapilarnej rurki, można przekonać się, że plemniki skierują się zaraz do wylotu rurki. Plemniki paproci nie są wrażliwe na działanie cukru, są natomiast przyciągane przez kwas jabłkowy. W przyrodzie niewątpliwie plemniki kierują się do rodni pod wpływem tych albo może innych jakichś substancji, wydzielających się z szyjki rodni.

86. RUCHY PROTOPLAZMY. Jest to jedyny rodzaj ruchów, odbywający się u wszystkich roślin. Są one najwidoczniejszym świadectwem życia protoplazmy. Odbywają się one z różną szybkością, zależnie od natury komórki i wpływu czynników zewnętrznych. Szczególnie szybko działa temperatura. Wpływ jej jest tu taki sam, jak na inne czynności, m. in. na wzrost: — szybkość ruchów protoplazmy wzrasta ze wzrostem temperatury do pewnego optimum, przy wyższych zaś temperaturach maleje. Wymierzono np. przy różnych temperaturach następujące szybkości ruchu protoplazmy w liściach wodnej jednoliściennej rośliny *Vallisneria spiralis* w mikronach na minutę:

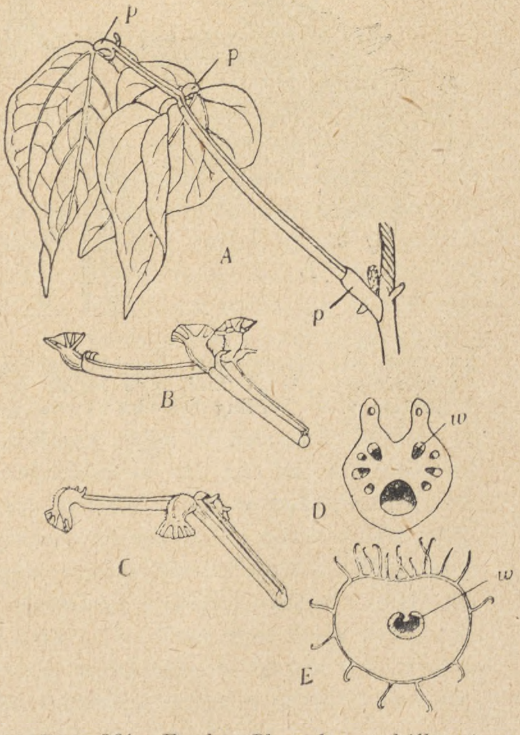
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1° | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° |
| 1.2 | 3.6 | 7.2 | 12.0 | 15.6 | 19.2 | 25.2 |
| | 31° | 32° | 33° | 34° | 35° | |
| | 25.8 | 24.0 | 18.0 | 10.2 | 6.6 | |

Ruch protoplazmy ustaje, skoro zabraknie tlenu. Jest to skutek przerwania dopływu energii, wydzielanej w procesie oddychania przez utlenianie związków organicznych protoplazmy.

87. RUCHY LIŚCI. U niektórych roślin nasiennych liście wykonują ruchy pod wpływem czynników otoczenia. Można je widzieć np. u fa-

soli (ryc. 264). Liście jej mają trzy blaszki, które w dzień trzymają się w położeniu zbliżonym do poziomego — wieczorem opadają w dół, by rano znowu wznieść się do góry. Ruchy te można wywoływać sztucznie zaciemniając i oświetlając roślinę. Mechanizm ich tkwi w poduszeczkach, zgrubieniach, które mieszczą się u podstawy listków, a także u podstawy ogonka liściowego. Pod wpływem światła wzrasta ciśnienie osmotyczne w dolnej części poduszeczek przy listkach, komórki tej części pęcznieją i listki zostają wzniesione do góry. W ciemności ciśnienie w dolnych częściach poduszeczek słabnie, komórki kurczą się i listki opadają. Podobne zmiany następują i w poduszeczce u podstawy ogonka, ale w słabszym stopniu — ogonek przeto też wznosi się i opada, ale w sposób mało widoczny. Ruchy te są umożliwione przez szczególną budowę anatomiczną poduszeczek, mianowicie przez skupienie tkanki naczyniowej i sitowej w ich środku (ryc. 264 *E*). Podobne ruchy można widzieć u wielu roślin o złożonych liściach. Odbywają się one bardzo wolno.

Wyjątkowym zjawiskiem są szybkie ruchy, wykonywane przez liście niektórych gatunków mimozy. Pod wpływem zmian światła liście te, tak samo jak u fasoli, poruszają się wolno. Natomiast wszelkie działania mechaniczne, jak dotknięcie, wstrząs albo zranienie wywołuje szybkie ruchy: w ciągu niewielu sekund listki stulają się i cały liść opada w dół (ryc. 265). Liść mimozy jest bardziej złożony niż u fasoli. Od końcowej części ogonka odchodzą dwie pary ogonków wtórnych, na których są ułożone parami liczne blaszki. U podstawy ogonków i listków mieszczą się poduszeczki. Pod działaniem wstrząsu czy zranienia ciśnienia osmotyczne w dolnej części poduszeczki ogonka głównego zmniejsza się nagle, komórki przeto silnie się kurczą i część soku wypływa z nich do przestworów międzykomórkowych. Liść wtedy opada i, jeżeli nie będzie drażniony, wraca do




Ryc. 264. Fasola (*Phaseolus multiflorus*). *A* Liść w nocnym położeniu, *p* poduszeczki. — *B* Górna część ogonka z trzema poduszeczkami u podstawy listków w dziennym położeniu (listki są odcięte). — *C* To samo w nocnym położeniu. — *D* Przekrój przez sztywną część ogonka. — *E* Przekrój poduszeczki; *w* wiązki. — Według Sachsa.

normalnego położenia po 15 minutach. W komórkach poduszeczki, ciśnienie wraca do normy i sok z przestworów międzykomórkowych zostaje wessany z powrotem. Podobne zmiany następują w innych poduszeczkach, a mianowicie w poduszeczkach ogonków wtórnych w części wewnętrznej, a przylistkach w części górnej. Dlatego też jednocześnie z opadnięciem liścia zbliżają się do siebie ogonki wtórne, a listki składają się górnymi stronami.

Mimoza jest bardzo ciekawa jeszcze z tego powodu, że podrażnienie może u niej przechodzić od jednego liścia do drugiego, tak jak w nerwach zwierząt, tylko znacznie wolniej i w inny sposób. Dla pokazania tego zjawiska należy podrażnić jeden z liści bez wstrząsu, przypalając ogniem. Dany liść zareaguje wtedy od razu, a po pewnym czasie także kolejno inne. To przewodzenie odbywa się również w pędzie rozciętym i połączonym za pomocą szklanej rurki z wodą. Widzi się wtedy w rurce jakąś zielonkawą substancję, przechodzącą od podrażnionej części rośliny.




Ryc. 265. *A* Liść mimozy *(Mimosa pudica)*, niepodrażniony. — *B* Liść tejże rośliny podrażniony. — Według D u c h a r t r e'a.

Tak więc ruchy u roślin nie odgrywają poważniejszej roli. Istnienie ich jednak dowodzi, że rośliny nie różnią się zasadniczo od zwierząt. Wskazuje na to także wpływ substancji znieczulających, np. chloroform: pod ich działaniem wrażliwość roślin maleje, tak samo jak u zwierząt, i ruchy ustają.

CZĘŚĆ CZWARTA

# GEOGRAFIA ROŚLIN

ROZDZIAŁ I

## OGÓLNE ZASADY GEOGRAFII ROŚLIN

88. WSTĘPNE UWAGI. Geografia roślin, zwana inaczej fitogeografią, zajmuje się rozmieszczeniem roślin na kuli ziemskiej. Żyją one w bardzo ograniczonej powierzchniowej warstwie naszej planety. Na lądach znajdujemy je głównie w dolnej warstwie atmosfery grubości do 30 metrów, wyjątkowo tylko wyższej. Dolne części roślin przenikają przy tym w górną warstwę litosfery do głębokości kilku metrów. Ta warstwa ma także swoją odrębną florę, złożoną z roślin nie potrzebujących światła, takich jak bakterie. W wodach roślinność sięga głębiej. Rośliny zielone potrzebując światła, mogą jednak schodzić tylko do takiej głębokości, do której przenika ten strumień energii. Przy należytej przezroczystości wody plankton roślinny sięga w morzach do 200 *m*, w mniej przezroczystych wodach słodkich — do 130 *m*. Bakterie, nie potrzebując światła, schodzą znacznie poniżej. Nawet pokrywa lodowa, zajmująca w pobliżu biegunów ogromne przestrzenie i pokrywająca wyższe pasma górskie, nie jest całkowicie pozbawiona roślinności. Występują w niej pewne glony powodujące czerwone, rzadziej zielone i żółte zabarwienie. Jest to tzw. kryoplankton. Poza tym ślady życia roślinnego można znaleźć także w wolnej atmosferze, w formie tzw. aeroplanktonu. Są to jednak tylko komórki, będące w stanie życia utajonego: zarodniki grzybów i bakterii itp.

Zadaniem geografii roślin jest przede wszystkim opis obecnego rozsiedlenia ich na powierzchni kuli ziemskiej. W tym celu ustala się dla poszczególnych gatunków i grup gatunków oraz dla grup biologicznych, takich jak lasy i stepy, zasięgi — wykresy oznaczające na mapie obszar, na którym one rosną.

Po ustaleniu obecnego stanu rzeczy trzeba zbadać, jakie przyczyny spowodowały, że zasięg jest taki a nie inny. Mogą to być przyczyny obecnie działające albo przyczyny dawniejsze. I tak na przykład zasięg buka, który rośnie tylko w zachodniej części Polski, jest ograniczony przez obecne warunki klimatyczne, gdyż drzewo to wymaga stosunkowo dużo ciepła i wilgoci. Natomiast rozerwany zasięg magnoliowatych ma przyczyny historyczne. Rośliny te, ograniczone obecnie do atlantyckiej Ameryki Północnej i Azji Wschodniej, były szeroko rozsiedlone wokół północnej półkuli, rosły między innymi także w Polsce, jak to wykazał prof. W. Szafer. Dopiero katastrofa zlodowacenia spowodowała zniszczenie większej części olbrzymiego niegdyś zasięgu tych roślin.

Uwzględnienie przyczyn dawniejszych wymaga szerszego historycznego ujęcia rozmieszczenia roślin i prowadzi do stworzenia osobnego działu geografii roślin — fitogeografii historycznej.

W przedstawieniu tych wszystkich zagadnień ograniczę się przeważnie do obecnego stanu roślinności i to w odniesieniu do flory lądowej. Co do flory wodnej ograniczę się do następujących uwag.

Flora wodna jest bogata tylko w morzach o należytym zasoleniu. Bałtyk z tego powodu jest dosyć ubogi. Zbiorniki słodkowodne są jeszcze uboższe. Zaznacza się przy tym rzecz bardzo ciekawa, że morza zimne mają o wiele bogatszą florę od mórz ciepłych

I tak stwierdzono, że średnia ilość organizmów planktonowych na Oceanie Atlantyckim przedstawia się na różnej szerokości następująco:

| Szerokość północna | Ilość roślin planktonowych w litrze wody |
|---|---|
| 10° | 600 |
| 10—20 | 500 |
| 20—30 | 600 |
| 30—40 | 1000 |
| 40—50 | 3000 |

Stosunki tu są odwrotne pod względem tego, co się widzi na lądach, flora jest o wiele bogatsza w krajach ciepłych aniżeli chłodnych. Przyczyną tego dziwnego zjawiska jest lepsze zaopatrzenie roślinności w pokarmy azotowe i fosforowe w morzach zimnych aniżeli ciepłych. Nie znaczy to, żeby woda w morzach ciepłych zawierała mniej pokarmów azotowych i fosforowych aniżeli w morzach zimnych. Tylko te pokarmy są w wodzie morskiej zawarte w stanie silnego rozcieńczenia: na metr sześcienny wody przypada tylko około ½ grama związanego azotu i poniżej $^1/_{10}$ grama $P_2\ O_5$. Te szczupłe zasoby są szybko zużytkowywane przez planktonowe rośliny, a mogą być uzupełnione tylko z głębszych warstw, gdzie z powodu braku światła roślinność jest nikła. Otóż w morzach bliższych biegunów pokarmy azotowe i fosforowe są uzupełniane

skutkiem krążenia wody. Mianowicie powierzchniowe warstwy oziębiają się w zetknięciu z chłodnym powietrzem, stają się cięższe i opadają w dół, skąd wypływają warstwy głębsze z nienaruszonymi zasobami pokarmowymi. W morzach bliższych równika natomiast takiego krążenia nie ma, bo powierzchniowe warstwy rozgrzewają się w zetknięciu z powietrzem, stają się lżejsze i pozostają w miejscu.

Przedstawiona powyżej różnica w roślinności mórz zimnych i ciepłych ma swój odpowiednik w rozmieszczeniu zwierząt: fauna jest bogatsza w morzach zimnych aniżeli w ciepłych. W tych ostatnich nie spotyka się olbrzymich ławic śledzi i dorszów, krążących po morzach zimnych, i nie widzi się zwierząt ssących, tak wielkich jak wieloryby.

89. PODZIAŁ GEOGRAFII ROŚLIN. Dwa główne zagadnienia rozpatruje geografia roślin. Jedno dotyczy rozsiedlenia form roślinności — rozsiedlenia lasów, sawann, stepów itp. i związanych z tym ekologicznych typów roślin. Rośliny należące do tego samego typu ekologicznego mają podobny sposób życia, podobne wymagania życiowe, poza tym mogą być bardzo różne, mogą należeć do różnych rodzajów i rodzin. Mogą przeto mieć różną genealogię, bo różnice rodzajowe i rodzinne wynikają z różnych dróg rozwojowych, przebytych w dawniejszych epokach geologicznych. Jeżeli na przykład porównamy ze sobą lasy szpilkowe nasze z takimiż lasami Ameryki Północnej, zauważymy od razu wielkie różnice w składzie ich: stwierdzimy, że w Ameryce te lasy składają się z innych gatunków, a wśród nich znajdziemy przedstawicieli rodzajów *Tsuga, Thuya, Sequoia,* których u nas nie ma. A jednak wymagania życiowe ich są podobne do wymagań naszych drzew, czego dowodem jest to, że posadzone u nas rosną na ogół dobrze. Tak samo rośliny naszych hal są różne od roślin hal amerykańskich, ale mają podobne wymagania życiowe i tak samo jak te ostatnie nie dadzą się uprawiać na niżu, gdzie dla nich jest zbyt sucho. Gałąź geografii roślin, zajmująca się rozsiedleniem form roślinności, typów ekologicznych roślin, nosi nazwę e k o l o g i c z n e j g e o g r a f i i r o ś l i n.

Z powyższego jest już jasne, jakie jest drugie główne zagadnienie, którym zajmuje się druga gałąź geografii roślin, geografia f l o r y s t y c z n a. Zadaniem jej jest zbadanie rozsiedlenia nie form roślinności, nie typów ekologicznych, lecz typów systematycznych, złożonych z roślin wspólnego pochodzenia. Mogą one mieć wymagania życiowe zgoła różne. Na przykład z naszych trzech gatunków sosen dwa — kosówka *(Pinus montana)* i limba *(P. Cembra)* — są wrażliwe na suszę i trzymają się przeto wyższych terenów górskich, trzeci natomiast — sosna zwyczajna *(P. silvestris)* — doskonale wytrzymuje suszę i rośnie tylko na niżu. Florystyczna geografia roślin stoi w ścisłym związku z historią geologiczną rozpatrywanych terenów. Tylko historia może wytłumaczyć np. wyjątkowe występowanie u nas brzozy karłowatej [*Betula nana* (ryc. 157c)]

pospolitej w krajach arktycznych. Jest to pozostałość po epoce lodowcowej, kiedy ta roślina była u nas równie pospolita, jak obecnie w arktyce. Po ustąpieniu lodów wyginęła, gdyż klimat obecny jest dla niej za suchy. Tylko w nielicznych bardzo wilgotnych stanowiskach mogła zachować się jako relikt polodowcowy.

Dla lepszego wyjaśnienia różnicy między geografią roślin ekologiczną a florystyczną trzeba zaznaczyć, że dla tej ostatniej jest rzeczą obojętną, w jakiej ilości okazów występują poszczególne gatunki, natomiast dla ekologicznej ma to wielkie znaczenie. Z tego powodu np. nieliczne gatunki drzew szpilkowych mają wielkie znaczenie dla ekologicznej geografii przez swoje masowe występowanie w lasach. Natomiast w geografii florystycznej podstawą jest liczebność gatunków i przeto szpilkowe odchodzą na dalszy plan.

W następnych dwóch rozdziałach rozpatrzymy ważniejsze fakty z dziedziny obu gałęzi geografii roślin.

ROZDZIAŁ II

## EKOLOGICZNA GEOGRAFIA ROŚLIN

90. FORMY ROŚLINNOŚCI. Trzeba na wstępie dokładniej wyjaśnić, jakie cechy określają formę roślinności. Otóż są to głównie cechy następujące: wysokość najwyższych roślin wchodzących w skład zbiorowisk roślinnych i rozmieszczenie roślin w terenie.

Jeżeli chodzi o wysokość roślin, to sprawa sprowadza się do występowania drzew, te bowiem tylko rośliny dorastają do większej wysokości. Wysokość ma wielkie znaczenie dla roślin z uwagi na ich gospodarkę wodną. Rośliny wysokie mają większe wymagania co do zaopatrzenia się w wodę aniżeli niskie. Pochodzi to stąd, że wytwarzają one więcej liści i przeto wskutek większej powierzchni wyparowują więcej wody aniżeli rośliny niskie. Ponadto parowanie jest przyśpieszone u nich z powodu silniejszych ruchów powietrza w wyższych warstwach atmosfery, silniejszych wiatrów. Wpływ wiatrów może być bardzo silny — uschnięte wierzchołki drzew aż nazbyt często świadczą o ich wysuszającym działaniu. Mało tego, jeżeli wiatry są mroźne, to znaczy działają przy temperaturze niższej od zera, drzewa mogą nawet ulec zniszczeniu. Zachodzi to wtedy, kiedy szybkość wiatrów mroźnych dochodzi albo przewyższa 6 metrów na sekundę. Rozumie się tu szybkość wymierzoną na wysokości 10 metrów nad ziemią. Dla oceny, jak wielka jest ta niebezpieczna dla drzew szybkość wiatru, wystarczy wziąć pod uwagę, że w Polsce średnia szybkość wiatru na podanej wysokości jest między 3—4 metry na sekundę. Silne wiatry mroźne powodują bezdrzewność wielu terenów w zimniejszych częściach kuli ziemskiej: nad brzegami arktycznych i antarktycznych mórz, w wysokich położeniach górskich i na ste-

pach. Przyczyną tego zgubnego działania mroźnych wiatrów jest niska temperatura, wstrzymująca dopływ wody do korzeni i powodująca w ten sposób usychanie wyższych części rośliny pod działaniem wiatru.

Duże straty wody ponoszone przez drzewa powodują to, że mogą one rosnąć tylko tam, gdzie zaopatrzenie roślinności w wodę jest dostatecznie obfite — gdzie jest dostateczna ilość opadów atmosferycznych. Zbiorowiska roślinne przybierają wtedy formę l a s u albo s a w a n n y. Las będzie wtedy, jeżeli opadów wystarcza dla zaopatrzenia gęstych skupień drzew, sawanna zaś w przypadkach, gdy opadów wystarcza tylko dla drzew z rzadka rozrzuconych w terenie.

Drzewa stwarzają pod swoim okapem szczególnego rodzaju lokalny klimat — m i k r o k l i m a t — odznaczający się słabym światłem, większą wilgotnością i słabszymi ruchami powietrza. Parowanie pod nimi odbywa się słabiej niż na wolnym terenie. Stwarzają się w ten sposób warunki, umożliwiające istnienie hygrofitom, o ile mogą zadowolić się słabym oświetleniem. Mamy więc w tym samym zbiorowisku roślinnym różne typy ekologiczne w pewien określony sposób ze sobą związane.

Bezdrzewne formy roślinności występują, jak to już było podane powyżej, na terenach, gdzie wieją silne wiatry mroźne. Zaopatrzenie w wodę może być przy tym różne. Jest ono obfite w krajach arktycznych i na terenach wysokogórskich, na tundrach i halach, gdzie skutkiem tego roślinność ma charakter hygrofitowy i nawet w poważnej części składa się z tych samych gatunków, których przykładem może być *Dryas octopetala,* zielona roślina z rodziny różowatych. Są to zioła albo krzewy, które często wykazują gruby nabłonek. Jest to ochrona przed wiatrem, bo jak to było wyjaśnione w ust. 67 wiatr przyspiesza tylko transpirację nabłonkową.

Przy słabym zaopatrzeniu w wodę na terenach o silnych wiatrach mroźnych tworzą się bezdrzewne zbiorowiska roślinne — stepy, złożone z kserofitów. Wiatry nie są tam stale tak silne, jak w górach i nad zimnymi morzami. Tylko od czasu do czasu w zimie przychodzą silne burze, ale to wystarcza, by zniszczyć drzewa, które mogłyby rosnąć z rzadka rozsiane w terenie.

Jeżeli zaopatrzenie roślinności w wodę jest bardzo słabe, nie wystarcza ono dla drzew nawet z rzadka rozsianych i powstaje p u s t y n i a. W tym przypadku nawet nikłe krzewy i zioła nie są skupione. Krzewy i trwałe rośliny zielne w pustyniach są naturalnie zdecydowanymi kserofitami. Odznaczają się one silnie rozwiniętymi korzeniami, chciwie wyzyskującymi skąpe zasoby wody glebowej. Natomiast nie są kserofitami zioła jednoroczne, które występują w pustyniach w większej ilości, aniżeli na wilgotniejszych terenach, np. na Saharze stanowią one 56% ogólnej ilości gatunków, a w Danii tylko 18. Rozwijają się one masowo w porze deszczowej, na wiosnę, kiedy Sahara wygląda jak kwiecista zielona łąka, ale w ciągu paru tygodni giną po przekwitnieniu i wydaniu nasion. W po-

bliżu źródeł wyrastają w pustyniach także drzewa, o ile wiatry na to pozwolą (oazy w Saharze!).

W powyższym zestawieniu form roślinności brałem pod uwagę tylko wpływy klimatyczne. Nie wynika z tego bynajmniej, by wpływy podłoża nie miały znaczenia. Owszem, gleba ma także wpływ niemały, ale jej charakter kształtuje się w znacznym stopniu pod działaniem klimatu i w podobnych klimatach gleby są podobne. Nie zawsze jednak. Na charakter gleby ma wpływ podłoże i stosunki wodne. Na przykład czarnoziem tworzy się tylko na lössie, a na terenach podmokłych w krajach chłodnych tworzą się torfowiska.

Ten ostatni przypadek warto rozpatrzyć bardziej szczegółowo. Torfowiska tworzą się przez nagromadzenie wielkich mas zbutwiałych resztek roślinnych w płytkich zbiorowiskach słodkowodnych i w przybrzeżnych częściach zbiorników głębokich. Resztki te ulegają butwieniu, ale nie niszczeją z powodu stosunkowo niskiej temperatury. Dlatego też torfowiska nie tworzą się w krajach ciepłych. Są wprawdzie wiadomości o torfowiskach tropikalnych, ale są niepewne. Utworzony w ten sposób torf wypełnia z biegiem czasu zbiornik. Jeżeli w nim woda była przepływowa, na tym się proces tworzenia torfu kończy. Będzie to torfowisko n i s k i e, które porasta roślinnością łąkową, złożoną głównie z traw i turzyc.

Jeżeli natomiast woda w zbiorniku była stojąca, osiedlają się na torfie niskim obficie mchy torfowe *(Sphagnum)* i opanowują teren. Dzieje się to skutkiem wyjątkowo małych wymagań tych roślin odnośnie do pożywienia mineralnego. Te pokarmy do zbiorników przypływowych dochodzą stale z otoczenia, natomiast w zbiornikach bezodpływowych są w ograniczonej ilości. Dzięki swoim małym wymaganiom torfowce wypierają większość innych roślin. Zaczyna się wtedy tworzyć torfowisko w y s o k i e. Dolne części pędów torfowców przemieniają się w torf, a górne rosną coraz wyżej wciągając do góry wodę. Tworzący się w ten sposób torf wysoki wznosi się ponad otaczający teren, czasem nawet na 20 metrów w środkowej części torfowiska. Stąd pochodzi jego nazwa. W Polsce torfowisk jest sporo, ale wysokich jest mało i nie są one całkiem typowe. Typowe torfowiska wysokie występują głównie w krajach północnych, np. w Finlandii, gdzie trzecia część kraju jest pokryta torfowiskami różnego rodzaju.

Torfowiska niskie dają przykład ciekawych zmian roślinności, zwanych s u k c e s j ą. Są one początkowo bezdrzewne, stanowią to, co się nazywa ł ą k ą. Stopniowo jednak porastają lasem, którego charakter stopniowo zmienia się. Zazwyczaj porastają one z początku brzozą omszoną [*Betula pubescens* (ryc. 157*B*)], która następnie zostaje wyparta przez sosnę. Koszenie naturalnie uniemożliwia zarastanie łąk lasem. Stosunkowo mało natomiast zmienia się roślinność na torfowiskach wysokich, a to skutkiem silnej kwasoty, która dochodzi do $pH = 3$.

Tak silnej kwasoty drzewa na ogół nie znoszą i przeto osiedlają się wprawdzie na wysokim torfie, ale nieliczne i są zawsze chore, zniekształcone. Na torfowiskach niskich torf jest wprawdzie także kwaśny, ale nie w tym stopniu.

Dokładniejsze badania form roślinności pozą wpływami klimatu i podłoża musi naturalnie uwzględniać także wpływy zwierząt, zarówno pożytecznych (zapylanie kwiatów) jak i szkodliwych (żerowanie).

91. ROZMIESZCZENIE FORM ROŚLINNOŚCI. Patrząc na mapę florystyczną Polski widzimy na niej przede wszystkim wielkie przestrzenie o dobrym zaopatrzeniu roślinności w wodę, przestrzenie pokryte lasami z wtrąconymi do nich łąkami. Trzeba rozpatrzyć bliżej sposób liczbowego określenia stopnia zaopatrzenia w wodę. W tym celu trzeba roczne opady podzielić przez średnią szybkość parowania na danym terenie, albowiem te same opady wywierają mniejsze działanie, jeżeli parowanie jest silniejsze i odwrotnie. Będzie to tak zwany iloraz wilgotnościowy. Potrzebną do tego szybkość parowania można obliczyć za pomocą omówionego w ust. 60 niedosytu wilgotności powietrza z uwzględnieniem wpływu temperatury i ciśnienia powietrza. Można przy tym nie brać pod uwagę wpływu wiatru na parowanie, gdyż nie wpływa on na wyparowywanie wody przez szparki, a tą drogą roślina najwięcej traci wody. Przyjmijmy dla uproszczenia iloraz wilgotnościowy dla Krakowa, mającego roczne opady 718 *mm*, za jednostkę. Wtedy będziemy mieli wartości tego ilorazu dla Warszawy przy opadach 549—0,84, dla Paryża przy opadach 525—0,59, natomiast dla Madrytu przy opadach 416 zaledwie 0,21.

Otóż dokładne zestawienie kartograficzne lasów z wartościami ilorazu wilgotnościowego wykazuje, że las potrzebuje zaopatrzenia w wodę nie mniejszego niż połowa zaopatrzenia, jakie jest na terenie Krakowa, to znaczy na terenach leśnych iloraz wilgotnościowy powinien być większy od 0,5.

Dla Madrytu iloraz ten wypada mniejszy od połowy, co zgadza się z charakterem roślinności, która jest stepowa w okolicach tego miasta.

Podobne stosunki znajdziemy także w innych miejscach strefy umiarkowanej. Na przykład, jeżeli pójdziemy w północnej części Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej od Oceanu Atlantyckiego do Spokojnego, będziemy mieli kolejno:

1) Boston nad oceanem w stanie Massachusetts z opadami 1045 mm i ilorazem wilgotnościowym 1,25. Roślinność leśna.

2) Detroit w okolicy Wielkich Jezior — opady 793 — iloraz 0,91. Las.

3) Bismarck w stanie południowej Dakoty — opady 403 — iloraz 0,37. Step.

4) Portland w stanie Oregon blisko Oceanu Spokojnego — opady 1030 — iloraz 1,14. Znowu las.

5) Wyspa Tatoosh Island na Oceanie Spokojnym w stanie Washington — opady 1731, iloraz 4,57. Las o największej na ziemi zasobności w drewno.

W krajach tropikalnych jest to samo, tylko na terenach z ilorazem mniejszym od 0,5 zamiast stepu jest sawanna, np. w środkowej Afryce i południowo-wschodniej Brazylii. Przykłady: Batawia na Jawie nad morzem — opady 1729 — iloraz 1,01 — roślinność leśna; Manaos nad Amazonką — opady 1954 — iloraz 0,93 — również las. Dla terenów sawannowych nie mam dokładniejszych danych klimatologicznych.

Z przytoczonych przykładów widzi się, że zaopatrzenie lasów tropikalnych w wodę nie jest obfitsze niż w krajach umiarkowanych pomimo silnych opadów. Przyczyną jest silne parowanie, powodowane przez wysoką temperaturę pomimo wysokiej wilgotności powietrza. W związku z tym ciekawą jest rzeczą, że pozornie tak gęste lasy tropikalne zawierają stosunkowo mało drewna. I tak sosnowe lasy w środkowej Europie zawierają do 494 metrów sześciennych drewna na hektar, dębowe do 659, bukowe do 716, jodłowe nawet do 1210. Tymczasem dla tropikalnych lasów są podawane liczby następujące: las w Kamerunie (Afryka) 643—998, na Borneo 126, na Filipinach 167, w Panamie 140—315, wyjątkowo do 600 metrów sześciennych na hektar. Pozorna gęstość lasów tropikalnych pochodzi z licznych pnączy (lian) oplatających drzewa.

Poza lianami osobliwością lasów tropikalnych są e p i f i t y, rośliny rosnące nie na ziemi, lecz na drzewach. Takich roślin nie brak i u nas, ale to są tylko mszaki i porosty. Tam natomiast oprócz tego jest dużo epifitów pomiędzy nasiennymi i paprociami. Ten dziwny sposób życia jest możliwy dzięki bardzo obfitej rosie spadającej codziennie i trzymającej się zwykle do godziny 10 rano. Same opady nie mogłyby zaopatrzyć epifitów w wodę w należyty sposób, bo wprawdzie są obfite, ale trwanie ich nie jest dłuższe niż u nas, a korzenie epifitów, nie mając do dyspozycji gleby, mogą korzystać z opadów tylko w czasie deszczu.

Najlepsze zaopatrzenie roślinności w wodę jest na terenach chłodnych: wysoko w górach i w pobliżu biegunów. Niska temperatura w górach powoduje tak silne osłabienie parowania, że zmniejszone ciśnienie atmosfery nie może zrównoważyć jej hamującego wpływu. Stąd mamy np. na Śnieżce (1602 *m* nad poziomem morza) przy opadach 1113 *mm* iloraz wilgotnościowy 5,40. Podobnie jest w krajach tropikalnych, np. podczas gdy na Jawie w Batawii na poziomie 8 *m* iloraz jest 1,01, na szczycie pobliskiego wulkanu Pangerango na wysokości 3023 *m* iloraz wynosi 6,64 przy opadach 3635 *mm*.

Na wysokich górach bardzo dobre zaopatrzenie roślinności w wodę pochodzi nie tylko ze słabego parowania, ale także z obfitości opadów, jak to widać z przytoczonych liczb. Są pod tym względem także wyjątki, między innymi w Andach i na Pamirze. I tak w La Quiaca na grzbiecie Andów argentyńskich na wysokości 3447 *m* opady wynoszą 319 *mm* i iloraz wilgotnościowy zaledwie 0,12. Nic też dziwnego, że

tam roślinność jest pustynna, kserofitowa. Jeszcze gorzej na Pamirze (3640 *m* nad poziomem morza): opady 62 *mm*, iloraz 0,06.

W pobliżu biegunów zaopatrzenie w wodę jest również dobre i to pomimo małych opadów. Na przykład w Teriberce na wybrzeżu półwyspu Kolskiego iloraz wilgotnościowy wynosi 2,70 przy opadach 472 *mm*. Nic też dziwnego, że wśród bezdrzewnej tundry, która zajmuje wybrzeża morskie arktyczne, wszędzie wyrastają drzewa, gdzie tylko jest osłona przed zgubnymi mroźnymi wiatrami, np. w dolinach rzek.

Co się wreszcie tyczy pustyń, to oczywiście zaopatrzenie roślinności w wodę jest bardzo słabe, np. w El Gole'a na Saharze opady wynoszą 48 *mm* i iloraz wilgotnościowy wypada 0,01. Nieco lepiej jest w Phoenix w Arizonie: opady 172 *mm*, iloraz 0,04 i w Alice Springs w środkowej Australii: opady 273 *mm*, iloraz 0,07.

ROZDZIAŁ III

# FLORYSTYCZNA GEOGRAFIA ROŚLIN

92. METODY florystycznej geografii roślin polegają głównie na porównywaniu flor poszczególnych krajów celem ustalenia podobieństw między nimi. Prowadzi to do wyróżnienia obszarów florystycznych, z których każdy obejmuje kraje najbardziej pod względem składu flory podobne.

Najlepiej byłoby badać, ile wspólnych gatunków posiadają różne kraje, gdyż gatunki jest to rzecz najbardziej realna. Niestety, gatunki mają przeważnie małe zasięgi i kraje nawet bliskie mają wspólnych gatunków niewiele. Wydać się to może dziwne, bo gatunki naszej flory są przeważnie szeroko rozsiedlone. Przyczyną tego stanu rzeczy jest to, że nasza flora właściwa została zniszczona przez lodowiec dyluwialny i ziemia nasza została zasiedlona przez przybyszów z krajów południowych, których nie dosięgła katastrofa zlodowacenia. Ale nawet i u nas jest modrzew nie wybiegający poza nasze granice, a brzoza ojcowska *(Betula oycoviensis)* rośnie tylko w okolicach Krakowa. Jeżeli natomiast weźmiemy jakiś kraj, w którym rozwój roślinności odbywał się bez przeszkód, będziemy mieli mnóstwo gatunków, które powstały na jego terenie i nie rozeszły się daleko. Wędrówki roślin bowiem napotykają na silne przeszkody ze strony roślin, które już osiedliły się na danym terenie. Dowodem tego jest rozsiedlenie obcokrajowych chwastów, pochodzących niejednokrotnie aż z Ameryki — utrzymują się one tylko na polach i ugorach. Nic też nie ma w tym dziwnego, że zasięgi niektórych gatunków na Madagaskarze obejmują zaledwie kilka hektarów!

Trzeba się zastrzec, że to wszystko odnosi się tylko do roślin będących w pełni rozwoju, a więc do roślin okrytonasiennych. Starsze rośliny,

jak paprocie i nagonasienne, przechodziły tak różne koleje, że mają zasięgi i bardzo szerokie i bardzo małe, często rozerwane. Dlatego też będziemy opierali się wyłącznie na okrytonasiennych.

Szczupłość przestrzeni, zajmowanej przez poszczególne gatunki, zmusza do oparcia florystycznej geografii roślin nie na gatunkach, lecz na rodzajach. Mają one zasięgi szersze i podobieństwa między florami wypadają wyraźniejsze.

Trzeba zatem, porównując ze sobą dwie flory, ustalić, ile jest wspólnych rodzajów. Trzeba przy tym wyłączyć rodzaje kosmopolityczne, które nic nie mówią o istotnym podobieństwie. Takich rodzajów występujących na wszystkich kontynentach — w Eurazji, Afryce, Ameryce i Australii — jest 403 na ogólną ilość 10 tysięcy rodzajów roślin okrytonasiennych. Tu należą np. turzyce *(Carex)*, wiechliny *(Poa)*, jaskry *(Ranunculus)* itp.

Ustalenie ilości wspólnych rodzajów oczywiście jeszcze nie wystarcza. Trzeba tę ilość porównać z ogólną ilością rodzajów w rozpatrywanych florach. Najlepiej przy tym odnosić ilość wspólnych rodzajów do ilości rodzajów uboższej z porównywanych flor. Trzeba zatem dzielić ilość wspólnych rodzajów przez liczbę rodzajów flory uboższej. Iloraz będzie zawsze mniejszy od jedności i wobec tego najlepiej przedstawiać go w procentach. Będzie to tzw. wskaźnik pokrewieństwa flor. Ma się przy tym tę wygodę, że jeżeli flora uboższa pochodzi od sąsiedniej bogatszej, to wskaźnik taki określa, w jakim stopniu flora bogatsza przyczyniła się do utworzenia uboższej. Jako przykład weźmiemy Polskę, która ma 557 rodzajów, w tym 420 niekosmopolitycznych i Grecję, której flora liczy 780 rodzajów, w tym 420 niekosmopolitycznych. Liczba wspólnych rodzajów wynosi 318 i wskaźnik pokrewieństwa między florą polską a grecką wypada 76%. Taki więc odsetek rodzajów polskich występuje w Grecji.

Można dalej przyjąć, że flory, dla których wskaźnik pokrewieństwa jest większy od 50%, należą do tego samego obszaru florystycznego, natomiast takie, dla których wskaźnik wypada mniejszy od 50%, należą do różnych obszarów. Polska więc i Grecja należą do tego samego obszaru, który można nazwać śródziemnomorskim.

Zobaczmy teraz jak daleko rozciąga się ten obszar. Weźmiemy w tym celu flory różnych krajów położonych i bliżej i dalej od Grecji. Dla każdego z nich podaję poniżej ilości rodzajów wszystkich i niekosmopolitycznych. Będą to kraje następujące: Egipt 513—342, Maroko 764—586, Hiszpania śródziemnomorska (bez Pirenejów i Asturii) 821—640, Syria (bez Palestyny) 732—565, Turkiestan 800—625, Himalaje zachodnie 929—694, Chiny środkowe 884—660 i Japonia (859—627), wreszcie północne atlantyckie Stany Zjednoczone 724—528 i południowe stany 792—571.

Ilości wspólnych rodzajów między tymi krajami przedstawia tabela I.

TABELA I
Wspólne rodzaje niekosmopolityczne

| | Poł. St.Zj. | Poł. St.Zj. | Eg. | Mar. | Hiszp. | Gr. | Syr. | Turk. | Him. | Ch. | Jap. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Poł. St. Zj. | 571 | 457 | 42 | 87 | 120 | 123 | 95 | 124 | 144 | 187 | 207 |
| Poł. St. Zj. | | 529 | 43 | 98 | 143 | 140 | 107 | 153 | 155 | 203 | 234 |
| Eg. | | | 342 | 264 | 232 | 224 | 232 | 186 | 102 | 76 | 66 |
| Mar. | | | | 586 | 484 | 445 | 368 | 300 | 178 | 148 | 143 |
| Hiszp. | | | | | 640 | 506 | 442 | 370 | 209 | 198 | 197 |
| Gr. | | | | | | 610 | 477 | 366 | 210 | 201 | 188 |
| Syria | | | | | | | 565 | 343 | 193 | 173 | 162 |
| Turk. | | | | | | | | 625 | 250 | 236 | 226 |
| Him. | | | | | | | | | 694 | 362 | 420 |
| Ch. | | | | | | | | | | 660 | 316 |
| Jap. | | | | | | | | | | | 626 |

Wypadają stąd wskaźniki pokrewieństwa dla flor wziętych po dwie zestawione w tabeli II według metody prof. Czekanowskiego.

Widzimy, że Egipt, Maroko, Hiszpania, Grecja, Syria i Turkiestan powinny być zaliczone do tego samego obszaru florystycznego — śródziemnomorskiego.

Natomiast Himalaje, Chiny i Japonia stanowią inny obszar — wschodnio-azjatycki. Inny jeszcze obszar stanowią atlantyckie stany Ameryki Północnej.

Granice wschodnia i zachodnia obszaru śródziemnomorskiego zostały w ten sposób ustalone. Trzeba teraz zobaczyć, jak daleko sięga on na północ. Porównajmy w tym celu florę Grecji z arktyczną florą Murmanu, która liczy tylko 172 rodzaje, w tym 118 niekosmopolitycznych. Wspólnych rodzajów wypada 75 i wskaźnik pokrewieństwa 64%. Zatem obszar śródziemnomorski sięga do Oceanu Lodowatego, pomimo, że formy roślinności są tam zupełnie inne.

A teraz południowa granica. Ustalmy ją na terenie Afryki. Weźmiemy w tym celu następujące kraje: Saharę środkową, Sudan, Kongo, Transwaal i Kolonię Kapską. Podaję w tabeli III wskaźniki pokrewieństwa w stosunku do Maroka i Egiptu.

Widzimy, że obszar śródziemnomorski obejmuje także Saharę. Przy tej sposobności zarysowują się obszary florystyczne tropikalno-afrykański i południowo-afrykański.

TABELA II

Wskaźniki pokrewieństwa

| | Poł. St. Zj. | Poł. St. Zj. | Eg. | Mar. | Hiszp. | Gr. | Syr. | Turk. | Him. | Ch. | Jap. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Poł. St. Zj. | | 85 | 12 | 15 | 21 | 22 | 17 | 22 | 25 | 33 | 36 |
| Poł. St. Zj. | 85 | | 13 | 19 | 27 | 26 | 20 | 24 | 29 | 38 | 44 |
| Eg. | 12 | 13 | | 77 | 68 | 65 | 68 | 54 | 30 | 22 | 19 |
| Mar. | 15 | 19 | 77 | | 83 | 76 | 65 | 51 | 30 | 25 | 24 |
| Hiszp. | 21 | 27 | 68 | 83 | | 83 | 78 | 59 | 33 | 31 | 31 |
| Gr. | 22 | 26 | 65 | 76 | 83 | | 84 | 60 | 33 | 32 | 31 |
| Syr. | 17 | 20 | 68 | 65 | 78 | 84 | | 61 | 34 | 31 | 29 |
| Turk. | 22 | 24 | 54 | 51 | 59 | 60 | 61 | | 40 | 38 | 36 |
| Him. | 25 | 29 | 30 | 30 | 33 | 33 | 34 | 40 | | 55 | 50 |
| Ch. | 33 | 38 | 22 | 25 | 31 | 32 | 31 | 38 | 55 | | 67 |
| Jap. | 36 | 44 | 19 | 24 | 31 | 31 | 29 | 36 | 50 | 67 | |

93. OBSZARY FLORYSTYCZNE. Metoda przedstawiona w poprzednim ustępie pozwala rozczłonkować roślinność kuli ziemskiej na obszary florystyczne. Niektóre z nich zostały już wyróżnione. Granice między nimi nie są tak wyraźne jak dla form roślinności i trudno jest wykreślić ich granice na mapie. Ograniczę się więc do wyliczenia obszarów i wskazania, gdzie się one rozciągają.

W strefie umiarkowanej półkuli północnej mamy cztery obszary florystyczne. Jeden z nich — śródziemnomorski został już określ-

TABELA III

Wskaźniki pokrewieństwa

| | Mar. | Eg. | Sah. | Sud. | Kongo | Transw. | Kap. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Mar. | | 77 | 86 | 16 | 5 | 12 | 18 |
| Eg. | 77 | | 83 | 36 | 11 | 17 | 24 |
| Sah. | 86 | 83 | | 47 | 8 | 23 | 27 |
| Sud. | 16 | 39 | 47 | | 53 | 39 | 31 |
| Kongo | 5 | 11 | 8 | 53 | | 35 | 23 |
| Transw. | 12 | 17 | 23 | 39 | 35 | | 72 |
| Kap. | 18 | 24 | 27 | 31 | 23 | 72 | |

lony. Obejmuje on całą Europę, północną Afrykę i zachodnią Azję aż do Tybetu i Himalajów sięgając na północ do Oceanu Lodowatego.

Drugi — wschodnio-azjatycki — obejmuje Azję od Tybetu do Oceanu Spokojnego w kierunku równoleżnikowym, od Himalajów do Oceanu Lodowatego w kierunku południowym.

Trzeci — pacyficzno-północno-amerykański — sięga od Oceanu Spokojnego do Gór Skalistych i od północnego Meksyku do Oceanu Lodowatego.

Wreszcie czwarty — atlantycko-północno-amerykański — obejmuje resztę strefy umiarkowanej Ameryki Północnej do Oceanu Atlantyckiego.

Wszystkie te cztery obszary florystyczne sięgają do Arktyki i tam zaznacza się zjawisko bardzo ciekawe. Mianowicie w pobliżu Oceanu Lodowatego upodobniają się one tak dalece, że wskaźnik podobieństwa między florami arktycznymi wynosi średnio aż 79%. Ten stan rzeczy tłumaczy się zlodowaceniem dyluwialnym. Lodowiec zniszczył roślinność w krajach arktycznych. Zostały one zasiedlone, podobnie jak Polska, przez imigrantów z krajów bardziej na południe położonych. Z powodu surowych warunków klimatycznych tylko nieliczne formy doszły tak daleko. Były to formy najbardziej odporne na działanie klimatu arktycznego i przeto z konieczności do siebie bardziej podobne niż macierzyste flory, z których wyszły.

Z kolei przychodzą trzy obszary florystyczne tropikalne. Z afrykańskim spotkaliśmy się już poprzednio. Azjatycki obejmuje Indie na południe od Himalajów, Indochiny z wyspami Indonezji i Polinezji, Nową Gwineję i północną Australię. Wreszcie obszar tropikalny amerykański, zwany neotropikalnym, rozciąga się od południowego Meksyku i Florydy do południowej Brazylii z wyłączeniem wyżyn Andów. W tych górach mamy osobliwą umiarkowaną florę i trzeba wyróżnić osobny obszar Andyjski, który oprócz Andów obejmuje całą południową część Południowej Ameryki z Ziemią Ognistą włącznie.

Nad Ziemią Ognistą warto zatrzymać się dłużej. Jest ona w niższych położeniach pokryta lasami złożonymi głównie z południowych buków (*Nothofagus*), spokrewnionych z naszym bukiem. Podobne lasy występują na dużych przestrzeniach w Nowej Zelandii, a także w Tasmanii. Daje to powód niektórym autorom do wyróżnienia osobnego obszaru subantarktycznego. Z punktu widzenia ekologicznej geografii roślin jest to słuszne, bo i warunki klimatyczne na terenach tych lasów bukowych są podobne. Jednakże poza bukami flora Ziemi Ognistej i Nowej Zelandii ma bardzo mało wspólnego: wskaźnik pokrewieństwa wynosi zaledwie 22%. A więc nie jest to obszar florystyczny i Nowa Zelandia oraz Tasmania należą do odrębnego obszaru australijskiego. Ten obszar obejmuje Australię oprócz jej tropikalnej części.

Wreszcie jest jeszcze obszar południowo-afrykański o bardzo osobliwej florze, z którym już mieliśmy do czynienia.

Poza tym wszystkim jako osobny obszar florystyczny można uważać położone pośrodku Pacyfiku wyspy Hawajskie z ubogą wprawdzie (704 gatunki roślin okrytonasiennych z 230 rodzajów), ale bardzo osobliwą florą.

Wymienione powyżej obszary florystyczne dają się podzielić na dwie grupy: umiarkowaną i tropikalną. Różnica wypada bardzo wyraźna, jeżeli rozpatrzymy skład flor, co będzie tematem następnego ustępu.

94. SKŁAD FLOR. Ażeby dać ogólne pojęcie o składzie jakiejkolwiek flory, są dwie główne metody: metoda ośrodków i metoda liczebności.

Metoda ośrodków polega na wyszukiwaniu terenów, gdzie rodzaje i rodziny, wchodzące w skład danej flory, wykazują największą zmienność. Takie tereny noszą nazwę ośrodków. Są to ośrodki rozmieszczenia geograficznego. Zarazem są to, jeżeli nie zawsze, to przeważnie, tereny, na których wytworzyły się w ciągu rozwoju ewolucyjnego rozpatrywane grupy gatunków.

Najprostszy sposób w zastosowaniu do rodzajów polega na oznaczeniu, ile gatunków takiego czy innego rodzaju żyje w poszczególnych krajach. Na przykład jeżeli weźmiemy rodzaj koniczynę *(Trifolium)*, będziemy mieli następujące dane: Polska 18, Hiszpania 53, Maroko 45, Alger i Tunis 39, Grecja 62, Syria 54, Iran 17, Turkiestan 14, Zachodnie Himalaje 2, Chiny 0, Mandżuria 1, Japonia 1, Chili 12, Kalifornia 36, Góry Skaliste 43, Prerie 4, wschodnie Stany Zjednoczone (po Missisipi) 5. W innych krajach, w szczególności w krajach tropikalnych, koniczyn nie ma wcale albo bardzo mało. Widoczne jest, że główny ośrodek tego rodzaju jest w krajach śródziemnomorskich — jest to rodzaj o charakterze geograficznym śródziemnomorskim.

W podobny sposób można ustalić, że pierwiosnek *(Primula)* jest rodzajem wschodnio-azjatyckim. Istotnie, we wschodniej Azji jest najwięcej pierwiosnków, np w środkowych Chinach są 23 gatunki, tymczasem w Polsce jest 8, w Grecji 2, w północno-atlantyckich Stanach Zjednoczonych 2, w Kalifornii 1, na Jawie 1.

Dalej łubin *(Lupinus)*, który u nas dziko nie rośnie, jest natomiast rodzajem pacyficzno-północno-amerykańskim, bo w Kalifornii jest tego rodzaju 65 gatunków, podczas gdy w północno-atlantyckich Stanach Zjednoczonych 1 gatunek, w Grecji 8 itp.

Rosiczka *(Drosera)*, której mamy 3 gatunki, jest rodzajem australijskim: w zachodniej Australii rośnie 84 gatunki!

Nie zawsze udaje się określić ośrodek dla rodzajów, w szczególności wtedy, kiedy rodzaj zawiera tylko jeden gatunek, jak, dajmy na to, konwalia *(Convallaria)*. A takich rodzajów są tysiące. Co prawda, mają one przeważnie zasięgi małe, mieszczące się w obrębie jednego obszaru florystycznego. Mimo to określenie ośrodków rodzajów ma poważne znaczenie dla charakterystyki flor. Na przykład jeżeli weźmiemy florę

polską, to ponad połowę jej rodzajów ma swoje ośrodki w krajach zamorskich, w szczególności ogromna większość rodzajów z rodzin motylkowatych, krzyżowatych, goździkowatych, baldaszkowatych, szorstkolistnych i złożonych. Zgadza się to doskonale z porównaniem flory polskiej i flor krajów śródziemnomorskich za pomocą wskaźnika pokrewieństwa.

W podobny sposób, jak dla rodzajów, można wyszukiwać ośrodki dla rodzin określając, gdzie one wykazują największą zmienność. Można przy tym opierać się na ilości gatunków albo na ilości rodzajów w poszczególnych krajach, najlepiej i na gatunkach i na rodzajach, co jednak jest zawiłe, bo wymaga stosowania metod statystycznych. Pewne pojęcie o takich badaniach daje załączona tabela (str. 318), w której są zestawione liczby gatunków z niektórych rodzin. Z niej wypływa, że krzyżowate, baldaszkowate, goździkowate i buracznikowate mają główny ośrodek w obszarze śródziemnomorskim, a drugi, nieco słabszy, w obszarach pacyficzno-północno-amerykańskim i andyjskim. Podobnie jest z rodziną złożonych, dla których ośrodek pacyfistyczny wydaje się nawet silniejszy.

Takie fakty stwierdziliśmy już poprzednio dla rodzaju koniczyny. Wszystkie one wskazują na połączenie terytorialne przez Ocean Atlantycki między południową Europą i północną Afryką z jednej strony, a pacyficzną Ameryką z drugiej, jakie musiało kiedyś istnieć. W tym czasie atlantycka Ameryka Północna musiała być zalana przez morze, bo na niej omawiane rodziny są reprezentowane stosunkowo słabo. Mogło być i inaczej — zalanie mogło nastąpić po wytworzeniu się tych rodzin. Rozstrzygnąć mogą tu tylko szczegółowe badania geologiczne. Omawiane fakty są przykładem ścisłego związku, jaki zachodzi między geografią roślin florystyczną a historyczną.

Tabela wskazuje nadto, że różowate mają swój ośrodek w obszarze wschodnio-azjatyckim. Tak samo jest z rodzinami brzozowatych, bukowatych, pokrzywowatych i z rodziną skalnicowatych.

Tabela wskazuje wreszcie, że storczyki mają swoją ojczyznę w krajach tropikalnych, podczas gdy te kraje są ubogie w złożone i wszystkie inne przytoczone rodziny, właściwe krajom umiarkowanym. Nie jest to jedyna różnica, bo nadto jest cały szereg rodzin występujących wyłącznie albo przeważnie w krajach tropikalnych, jak np. palmy, wilczomleczowate i marzanowate! Nadto flory tropikalne odznaczają się wielką ilością paproci i innych paprotników, np. na Jawie jest 504 gatunków paprotników na ogólną ilość 3958 okrytozalążkowych (12,7%). Warto jest zaznaczyć dodatkowo, że rośliny tropikalne stanowią pewnego rodzaju osobny typ ekologiczny przez to, że nie znoszą mrozów.

Bardzo ciekawą cechą ekologiczną flor tropikalnych jest wielka ilość roślin drzewiastych. Dają o tym pojęcie następujące liczby:

| Kraj | Ogólna ilość gatunków roślin dwuliściennych | W tym odsetka gatunków | | |
|---|---|---|---|---|
| | | drzew | krzewów | ziół |
| Kraje malajskie | 3252 | 41% | 42% | 17% |
| Brazylia | 10468 | 21 | 62 | 17 |
| Polska | 1613 | 2 | 9 | 89 |
| Syberia zachodnia | 1085 | 3 | 10 | 87 |

Ilość gatunków

| Rodziny | Polska | Grecja | Chiny środkowe | Północno atlantyck. Stany Zjedn. | Kalifornia | Chili | Jawa |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Krzyżowate | 102 | **206** | 33 | 48 | **120** | **162** | 8 |
| Baldaszkowate | 75 | **181** | 81 | 50 | **106** | **93** | 11 |
| Goździkowate | 109 | **244** | 29 | 37 | 54 | **73** | 8 |
| Szorstkolistne | 39 | **97** | 20 | 18 | **97** | **86** | 18 |
| Różowate | 104 | 92 | **167** | około 100 | **101** | **40** | 10 |
| Złożone | 238 | **482** | 234 | 363 | **507** | **931** | 86 |
| Storczykowate | 47 | 65 | 71 | 63 | 22 | 90 | **538** |
| Ogółem okrytonasiennych | 2102 | 3752 | 3137 | 2967 | 3555 | 4310 | 3650 |

A teraz metoda liczebności, również pożyteczna dla charakterystyki flor. Polega ona na określeniu, jaki udział we florach mają poszczególne rodzaje i rodziny. Wystarczy przy tym wybrać najliczniejsze grupy. Na przykład dla Polski najliczniejsze rodzaje są następujące: turzyca *(Carex)* 93 gatunki, jaskier *(Ranunculus)* 36, przetacznik *(Veronica)* 33, fiołek *(Viola)* 26, starzec *(Senecio)* 25, wilczomlecz *(Euphorbia)* 24, sit *(Juncus)* 24, malina *(Rubus)* 24, rdestnica *(Potamogeton)* 22, kostrzewa *(Festuca)* 22, pięciornik *(Potentilla)* 21, przytulia *(Galium)* 20, skalnica *(Saxifraga)* 2, goryczka *(Gentiana)* 19, koniczyna *(Trifolium)*, jastrzębiec *(Hieracium)* i wiechlina *(Poa)* 18, szczaw *(Rumex)*, bodziszek *(Geranium)*, goździk *(Dianthus)*, róża *(Rosa)*, dzwonek *(Campanula)* i storczyk *(Orchis)* 17 itd.

Podobnie największe rodziny flory polskiej są następujące: złożone 238 gatunków, trawy 159, ciborowate 127, goździkowate 109, różowate 104, krzyżowate 102, motylkowate 99, trędownikowate 98, jaskrowate 87, baldaszkowe 75, wargowe 72, liliowate 54, storczyki 47, szorstkolistne 39 itd.

Dla porównania podaję skład flory Jawy jako przykład flory tropikalnej: storczyki 538 gatunków, marzanowate 193, wilczomleczowate 173, trawy 167, motylkowate 162, ciborowate 96, morwowate 94, akantowate (*Acanthaceae* ze zrosłopłatkowych), złożone 86. Wielkich rodzajów nie podaję, bo są nam całkowicie obce.

95. FLORA WYSP OCEANICZNYCH zasługuje na osobne omówienie, a to z następujących powodów: Wyspy oceaniczne są terenami wulkanicznymi, a przeto są niedawnego pochodzenia i flory ich są skutkiem tego młode. Można więc na nich uchwycić dużo faktów wyjaśniających procesy powstawania gatunków. Nic dziwnego, że Karol Darwin właśnie na wyspach Galapagos ugruntował swoje teorie ewolucyjne.

Flora wysp oceanicznych składa się z gatunków, które zostały przez różne czynniki — głównie przez wiatry i ptaki — przeniesione z lądów oraz z gatunków endemicznych, które na nich powstały i nigdzie poza tym nie występują. Ciekawą jest rzeczą, że flory te są ubogie, ale mają wielki odsetek gatunków endemicznych. Stosunki te ilustruje tabela IV.

TABELA IV

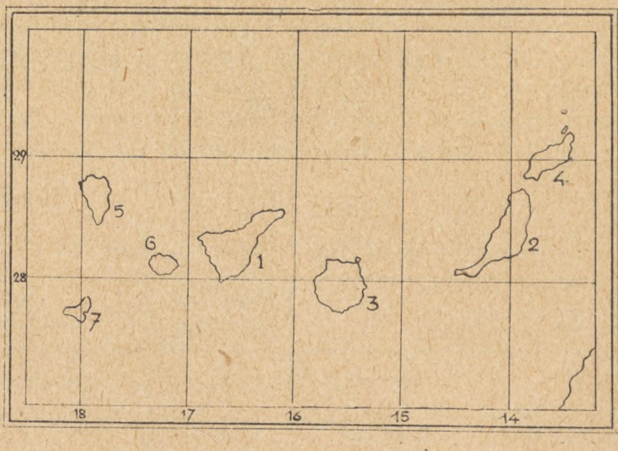
Liczby gatunków roślin okrytonasiennych

| Wyspy | Wszystkie gatunki | Gatunki endemiczne | |
|---|---|---|---|
| Hawajskie | 704 | 521 | 74% |
| Juan Fernandez (Wyspy Robinsona) | 145 | 96 | 66% |
| Św. Heleny | 53 | 34 | 64% |
| Galapagos | 500 | 205 | 41% |
| Tahiti | 412 | 156 | 38% |
| Rodriguez (na oceanie Indyjskim) | 169 | 33 | 20% |

Charakterystyczną cechą flor wyspiarskich jest nadto mała ilość gatunków przypadająca na jeden rodzaj, np. na wyspach Hawajskich rośnie 704 gatunków okrytonasiennych z 230 rodzajów, zatem na jeden rodzaj przypada 3,1 gatunków. Jest to tzw. spółczynnik gatunkowy. Na wyspach Juan Fernandez ten współczynnik wynosi tylko 145/83 = 1,7. Dla flor kontynentalnych jest on wyższy, np. dla Polski mamy 2102/557 = 3,8, dla Grecji 4,8.

Ciekawa jest dalej wielka stosunkowo liczba rodzajów kosmopolitycznych. I tak na wyspach Hawajskich na 230 rodzajów jest kosmopolitycznych 121 (53%), na wyspach Juan Fernandez 40 na 83 (48%). Tymczasem w Polsce na 557 rodzajów przypada kosmopolitycznych 137 (25%), w Grecji na 780—170 (22%). Jest to łatwo zrozumiałe. Flory oceaniczne pochodzą od przybyszów, którzy dostali się z lądów na wyspy. Jest rzeczą całkiem naturalną, że rekrutowali się oni w znacznej mierze z rodzajów najbardziej rozpowszechnionych, jakimi są rodzaje kosmopolityczne.

Dzięki swoim gatunkom endemicznym wyspy oceaniczne dają ciekawe wskazówki o tym, od czego zależy wydajność terenu w wytwarzaniu nowych gatunków. Zależy ona przede wszystkim od wielkości powierzchni i rozmaitości warunków. Rozmaitość warunków zależy głównie od wzniesienia nad poziom morza, bo ze wzrostem wzniesienia zwiększa się zaopatrzenie roślinności w wodę. Wymowną ilustracją tego są Wyspy Kanaryjskie (ryc. 268). Jak to wypływa z tabeli V, na czele




Ryc. 266. Wyspy Kanaryjskie: 1. Tenerife, 2. Fuereventura, 3. Gran Canaria, 4. Lanzarote, 5. Palma, 6. Gomera, 7. Hierro

stoi wyspa Tenerife, największa i zarazem najwyższa z 81 gatunkami jej tylko właściwymi, podczas gdy niewiele od niej mniejsza, ale niska Fuereventura ma tylko 11. Natomiast mniejsza od Fuereventury ale wysoka Gran Canaria ma 57 gatunków itd.

Niezmiernie ciekawą rzeczą jest przy tym, że w przeliczeniu na jednostkę powierzchni wydajność w wytwarzaniu nowych gatunków maleje ze wzrostem powierzchni. Widoczne to jest z tabeli VI, według której na małej wysepce Rodrigues wystarczają 2,4 kilometra kwadratowej powierzchni do wytworzenia jednego gatunku, na dosyć dużych wyspach Hawajskich potrzeba na to 33 kilometry, a na wielkich wyspach Nowej Zelandii (które zresztą nie są wulkaniczne) aż 225. Przyczyna tego dziwnego zjawiska jest trudna do wytłumaczenia.

Ilość gatunków endemicznych zależy zresztą także od wieku terenu. Proces wytwarzania gatunków oczywiście wymaga czasu i przeto na starych wyspach znajdziemy więcej gatunków endemicznych, aniżeli na

TABELA V

Wyspy Kanaryjskie

| Wyspy | Powierzchnia $km^2$ | Największe wzniesienie *m* | Gatunki rosnące tylko na danej wyspie |
|---|---|---|---|
| Tenerife | 1946 | 3715 | 81 |
| Fuereventura | 1722 | 860 | 11 |
| Gran Canaria | 1376 | 1898 | 57 |
| Lanzarote | 741 | 684 | 8 |
| Palma | 726 | 2356 | 16 |
| Gomera | 378 | 1340 | 17 |
| Hierro | 278 | 1512 | 7 |

młodszych. Zaznacza się to na wyspach Hawajskich w sposób bardzo ciekawy (ryc. 269). Tam mianowicie wyspy, które są uszeregowane na grzbiecie wulkanicznym, tworzyły się kolejno od zachodu na wschód. Najmłodszą jest Hawai, na której są silne zjawiska wulkaniczne, pod-

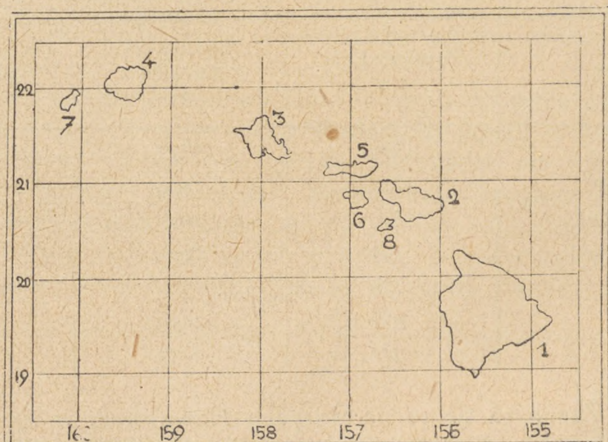
TABELA VI

| Wyspy | Ich powierzchnia w kilometrach kwadratowych | Liczba gatunków endemicznych | Powierzchnia przypadająca na jeden gatunek endemiczny |
|---|---|---|---|
| Rodriguez | 80 | 33 | 2.4 |
| Św. Heleny | 113 | 34 | 3.3 |
| Juan Fernandez | 180 | 113 | 1.6 |
| Św. Maurycego | 1100 | 172 | 6.4 |
| Kanaryjskie | 7167 | 371 | 19 |
| Galapagos | 7400 | 205 | 36 |
| Hawajskie | 17300 | 521 | 33 |
| Nowa Zelandia | 270900 | 1061 | 255 |

czas gdy ustały one na innych wyspach. Najstarszą jest Kauai, na której zaznacza się najsilniejsza rzeźba terenu. Jednocześnie jest to najmniejsza z 4 większych wysp archipelagu. W ten sposób wyspy mniejsze są tu starsze, większe zaś młodsze. Nic przeto dziwnego, że najbo-

gatsza w swoiste gatunki nie jest ani wyspa największa, ani najstarsza, lecz jedna z pośrednich, mianowicie Oahu (zob. tabelę VII). Nie mogła temu zapobiec nawet wielka wysokość największej wyspy Hawai.

Dalej ciekawe jest rozmieszczenie gatunków endemicznych na wyspach oceanicznych. Wskazuje ono na to, że gatunek tworzy się w jednym tylko miejscu i z niego rozprzestrzenia się w miarę możliwości. Otóż




Ryc. 267. Wyspy Hawajskie: 1. Hawai, 2. Maui, 3. Oahu, 4. Kauai, 5. Molokai, 6. Lanai, 7. Niihau, 8. Kahoolawe

wyspy oceaniczne mają często charakter archipelagów, złożonych z licznych wysepek. Jeżeli porachować, na ilu wyspach występuje każdy z osobna gatunek endemiczny, wypada, że najwięcej jest gatunków rosnących tylko na jednej wyspie, mniej takich co rosną tylko na dwóch,

TABELA VII

Wyspy Hawajskie

| Wyspa | Powierzchnia Mile kwadratowe | Najwyższa wysokość Stopy | Ilość gatunków właściwych danej wyspy |
|---|---|---|---|
| Hawai | 4210 | 13823 | 43 |
| Maui | 728 | 10032 | 63 |
| Oahu | 600 | 4030 | 72 |
| Kauai | 547 | 5250 | 61 |
| Molokai | 261 | 4958 | 14 |
| Lanai | 139 | 3480 | 7 |
| Niihau | 97 | 1304 | 0 |
| Kahoolawe | 69 | 1472 | 1 |

jeszcze mniej na trzech itd. Wypada to bardzo wyraźnie na przykład na wyspach Galapagos (tab. VIII).

TABELA VIII

Galapagos

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ilość wysp: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 17 |
| „ gatunków: | 80 | 45 | 18 | 11 | 15 | 9 | 11 | 7 | 1 | 3 | 4 | 3 | 1 |

Wyspy, zresztą także i nieoceaniczne, dają jeszcze ciekawe potwierdzenie wieku niektórych grup roślinnych. Chodzi o to, że rośliny młodsze są bardziej zmienne i wykazują większą sprawność w wytwarzaniu nowych gatunków. Otóż najwcześniej zjawiły się na ziemi z okrytonasiennych rośliny jednoliścienne, potem wolne — i bezpłatkowe, najpóźniej zaś wolnopłatkowe. Należy zatem spodziewać się, że najmniej stosunkowo gatunków endemicznych powinny mieć jednoliścienne, najwięcej zaś zrosłopłatkowe. I tak jest istotnie. A więc na wyspach Hawajskich mamy stosunkową liczbę gatunków endemicznych jednoliściennych względem wszystkich gatunków tej grupy 74/123 = 60%, to samo dla wolno- i bezpłatkowych 203/257 = 79% i dla zrosłopłatkowych 294/324 = 91%. Dalej na wyspach Galapagos kolejno: 20/85 = 24%, 99/228 = 43% i 82/175 = 47%. Dla wysp Juan Fernandez: 13/37 = 35%, 38/54 = 70% i 45/54 = 83%. Dla wysp Tahiti: 35/105 = 33%, 69/211 = 33% i 50/96 = 52%. Są to wyspy wulkaniczne a więc młode. Starsze dają podobne wyniki: Nowa Zelandia — 182/366 = 50%, 388/509 = 76% i 492/581 = 85%. Madagaskar — 1283/1539 = 83%, 2571/2924 = 88% i 1623/1818 = 89%.

Powyższe dane o wyspach oceanicznych odnosiły się do roślin okrytonasiennych. Poza tym z roślin naczyniowych są tylko paprotniki — roślin nagonasiennych nie ma. Paprotniki natomiast występują stosunkowo obficie, o ile nie będzie się brało pod uwagę wysp położonych w chłodnym klimacie. Na przykład na wyspach Hawajskich rośnie 155 gatunków na 705 okrytonasiennych (22,0%). Na lądach stosunek paprotników do okrytonasiennych jest mniejszy. Tłumaczy się to łatwością rozsiewania zarodników. Ciekawe jest, że storczyki, których nasiona są równie lekkie, bynajmniej nie wszędzie są obfite, np. na wyspach Hawajskich rosną zaledwie 3 gatunki, a na Juan Fernandez nie ma ani jednego. Pochodzi to stąd, że do kiełkowania nasion storczyków konieczny jest udział specyficznych grzybów, kóre nie zawsze są obecne na odnośnych terenach.

## SKOROWIDZ ŁACINSKICH NAZW ROŚLIN

# SKOROWIDZ POLSKICH NAZW ROŚLIN

## SPIS RZECZY

## CZĘŚĆ IV. GEOGRAFIA ROŚLIN

# Ważniejsze omyłki dostrzeżone w druku

| *Str.* | *Wiersz* | *Jest* | *Winno być* |
|---|---|---|---|
| 28 | 1 od góry | spręźnic | sprzężnic |
| 29 | 2 od góry | spręźnic | sprzężnic |
| 32 | 20 od dołu | spręźnic | sprzężnic |
| 41 | 15 od góry | *Fuliego* | *Fuligo* |
| 69 | 2 od dołu | *Marchantii* | *Marchantia* |
| 72 | 11 od góry | *(Equisotinae)* | *(Equisetinae)* |
| 72 | 13 od dołu | *Dryopteris* | *dryopteris* |
| 76 | 9 od góry | *(Angiospormae)* | *(Angiospermae)* |
| 117 | 16 od góry | *(Panicoidae)* | *(Panicoideae)* |
| 120 | 10 od góry | *sereale)* | *cereale)* |
| 124 | 19 od góry | *(Elacis* | *(Eleis* |
| 128 | 8 od dołu | *eupulus)* | *lupulus)* |
| 143 | 19 od góry | *(Salis* | *(Salix* |
| 145 | 2 od góry | krótkoszypułkowy | bezszypułkowy |
| 147 | 6 od góry | *eseulentum)* | *esculenta)* |
| 153 | 3 od dołu | *luteus* | *lutens* |
| 153 | 5, 6 od góry | *(Cussak fragasceae)* | *(Saxifragaceae)* |
| 161 | 3 od góry | *(Cerastium)* | *(Cerastium collinum)* |
| 162 | 12 od dołu | zrostopłatkowce | zrosłopłatkowe |
| 162 | 12 od dołu | *(Camopetalae)* | *(Gamopetalae)* |
| 167 | 6 od dołu | zrostopłatkowe | zrosłopłatkowe |
| 170 | 8 od góry | *(Liguláriflorae)* | *(Liguliflorae)* |
| 170 | 7 od góry | *(Tubuliflorae)* | *(Tubiflorae)* |
| 176 | 3 od góry | *(Larix polonica)* | *(Larix europaea)* |
| 184 | 18 od góry | dwuniciowe | dwuwiciowe |
| 185 | 3 od dołu | *Alsinedrum* | *Alsinearum* |
| 189 | 10 od dołu | Warstwa podstawek u *Russula rubra* | A — Warstwa podstawek u *Russula rubra*. B — warstwa podstawek *Coprinus micaceus;* p — podstawki, w — wstawki, c — cystida |
| 191 | 5 od góry | *Sanatas* | *Satanas* |
| 197 | 11 od góry | *Triphoagmidium* | *Tripharagmidium* |
| 197 | 13 od góry | *Melampotra* | *Melampsora* |
| 201 | 11 od dołu | plemnikami | plemniami |
| 206 | 4 od góry | *(Saccharomycetes)* | *(Saccharomycetales)* |
| 225 | 9 od góry | wyzywającemu | wywołującemu |
| 232 | 15 od góry | *(Bota* | *(Beta* |
| 273 | rys. 262 | | rys. przekręcić o 90⁰ w kierunku biegu wskazówek zegara |
| 326 | 1 szpalta 23 od dołu | *Saccharomycetes* | *Saccharomycetales* |